

RELATÓRIO DE ATIVIDADE PROFISSIONAL

Direção de Obras e de Projetos

ANDRÉ ROSÁRIO SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Professor Doutor Carlos Alberto Baptista Medeiros

FEVEREIRO DE 2015

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família.

*"The greater our knowledge increases
the more our ignorance unfolds."*

John F. Kennedy

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Doutor Carlos Alberto Baptista Medeiros, pela disponibilidade demonstrada no acompanhamento do presente relatório.

Aos meus colegas que ao longo destes mais de 10 anos de experiência profissional me acompanharam na concretização das empreitadas aqui descritas.

E por fim à Inês, pela infinita paciência, carinho e amor.

RESUMO

O presente relatório descreve experiências e competências desenvolvidas pelo autor no decorrer da sua vida profissional.

O autor é licenciado em engenharia civil (pré-Bolonha), membro sénior da Ordem dos Engenheiros, e desenvolve atividade profissional na área da construção há mais de 10 anos. No decorrer da sua carreira, o autor desempenhou funções de engenheiro de obra, diretor de obra e engenheiro de projeto, e participou em empreitadas públicas e privadas, no território nacional e no estrangeiro.

As atividades e experiências que se descrevem de seguida resultaram da participação do autor nas mais variadas empreitadas de construção, que entre outras incluíram a construção de viadutos rodoviários em betão armado, a construção de um edifício de escritórios, a construção de um hotel, a construção de subestações de distribuição de energia elétrica e a construção de uma central térmica de produção de energia elétrica.

Em virtude do percurso profissional recente do autor, é dado especial ênfase à construção em ambiente internacional, nomeadamente em países africanos como Angola, o Gana e a Libéria, mas também na Europa do norte, mais concretamente na Noruega, onde o autor presentemente reside.

PALAVRAS-CHAVE: direção de obra, gestão de obras, gestão de projetos, estaleiros, empreiteiro.

ABSTRACT

This report describes the work experience and professional skills of its author developed during his professional career.

The author has a degree in civil engineering (pre-Bologna), is a senior member of *Ordem dos Engenheiros*- the Portuguese association of professional engineers - and has been developing activities in the fields of construction engineering for over 10 years. Throughout his career, the author worked as a site engineer, site manager and project engineer, and participated in both public and private contracts, on both domestic and international environments.

All activities and experiences described in this report resulted from the author involvement on construction projects. These include the construction of reinforced concrete bridges, the construction of an office building, the construction of a hotel, the construction of electrical distribution substations and the construction of a thermal power plant.

Following the latest developments on the author career, a special emphasis is given to the particular features of construction projects developed on international environments, in particular on African countries such as Angola, Ghana and Liberia, but also projects developed in Europe, especially in Norway, where the author currently reside.

KEYWORDS: project management, construction management, project management, construction site, contractor.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE GERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS.....	XI
1 Introdução	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL.....	1
1.2. PERCURSO ACADEMICO DO AUTOR	1
1.3. OBJETIVO E ESTRUTURA.....	4
2 Construtora Abrantina, S.A.	6
2.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	6
2.2. INTEGRAÇÃO NA EMPRESA.....	6
2.3. CASO DE ESTUDO: A13 – AUTOESTRADA ALMEIRIM / MARATECA – LOTE H.....	7
2.3.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO	7
2.3.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO.....	10
2.3.3. CONTROLO DE QUALIDADE DOS BETÕES E DAS ARMADURAS	12
2.3.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO.....	16
2.4. CASO DE ESTUDO: A10 – AUTOESTRADA BUCELAS / CARREGADO / A13.....	25
2.4.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO	25
2.4.2. DIREÇÃO DE OBRA, ORGANOGRAMA E ESTALEIRO	27
2.4.3. CONTROLO DE CUSTOS	30
2.4.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO.....	34
3 Teixeira Duarte, S.A.....	42
3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	42
3.2. INTEGRAÇÃO NA EMPRESA.....	42
3.3. CASO DE ESTUDO: EDIFÍCIO SEDE DA CHEVRON EM LUANDA (ANGOLA)	43
3.3.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO	43
3.3.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA	45
3.3.3. LOGÍSTICA DOS APROVISIONAMENTOS.....	48
3.3.4. HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO.....	49

3.3.5.	PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO.....	50
3.4.	CASO DE ESTUDO: HOTEL BAÍA EM LUANDA (ANGOLA)	59
3.4.1.	DESCRIÇÃO DO PROJETO	59
3.4.2.	ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA	61
3.4.3.	GESTÃO DOS TRABALHOS A MAIS E A MENOS	62
3.4.4.	PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO.....	63
4	Jacobsen Elektro, AS	68
4.1.	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	68
4.2.	INTEGRAÇÃO NA EMPRESA.....	69
4.3.	ESTUDOS PRELIMINARES E ORÇAMENTAÇÃO	69
4.4.	CASO DE ESTUDO: SUBESTAÇÃO DE BAWKU, ZEBILLA, TAMALE E TARKWA (GANA).....	70
4.4.1.	DESCRIÇÃO DO PROJETO	70
4.4.2.	ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA	75
4.4.3.	CONTRATO DE ADJUDICAÇÃO EPC/ CHAVE NA MÃO.....	76
4.4.4.	PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO.....	77
4.5.	CASO DE ESTUDO: CENTRAL TÉRMICA DE BUSHROD ISLAND (LIBÉRIA).....	80
4.5.1.	DESCRIÇÃO DO PROJETO	80
4.5.2.	ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA	81
4.5.3.	APROVISIONAMENTOS E SUBEMPREITADAS.....	82
4.5.4.	PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO.....	84
4.6.	CASO DE ESTUDO: SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE KVANDAL (NORUEGA).....	85
4.6.1.	DESCRIÇÃO DO PROJETO	85
4.6.2.	ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DO PROJETO	86
4.6.3.	PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO.....	87
5	NOTAS FINAIS	89
	Bibliografia	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Viaduto sobre a Ribeira do Trejoito.....	7
Figura 2 - Viadutos sobre o Vale Baeta do nó A10/A13.....	8
Figura 3 – Construção dos viadutos sobre o Vale Baeta do nó A10/A13	9
Figura 4 – Construção dos viadutos V1 e VA do Vale Baeta	10
Figura 5- Organigrama funcional do caso de estudo A13 - Lote H	11
Figura 6 – Camião betoneira utilizado no fornecimento de betão.....	12
Figura 7 - Ensaio do cone de Abrams	13
Figura 8 - Provetes cubicos retirados durante a betonagem.....	14
Figura 9 – Desmoldagem dos cubos no laboratorio	15
Figura 10 – Betonagem de um pilar no viaduto V1 sobre o Vale Baeta	16
Figura 11 – Escavadora de perfuração utilizada na construção de estacas moldadas	17
Figura 12 - Armadura da estaca a ser inserida no furo.....	18
Figura 13 - Tubos metalicos para o ensaio cross-hole instalados na armadura da estaca	19
Figura 14 – Cimbres e cofragem do primeiro tramo do viaduto V1 sobre o Vale Baeta.....	20
Figura 15 - Plaformas compactadas para a instalação de cimbres	21
Figura 16 - Rotação das torres de cimbres no viaduto VA sobre o Vale Baeta.....	22
Figura 17 –Vista aérea dos Viadutos sobre o Vale Baeta durante a sua execução.....	23
Figura 18 – Betonagem do primeiro tramo do viaduto V1 sobre o Vale Baeta	24
Figura 19 - Viaduto de Santana da Carnota na fase de execução.....	25
Figura 20 - Sapatas e arranque dos pilares do viaduto de Santana da Carnota	26
Figura 21– Perfil transversal da via do viaduto da Granja.....	27
Figura 22- Organigrama funcional do caso de estudo A10 - Lote B.....	28
Figura 23 - Cofragem para sapata preparada na oficina do estaleiro	29
Figura 24 - Pilares a serem cofrados no viaduto de Santana da Carnota	32
Figura 25 – Viga de lançamento na operação de avanço	34
Figura 26 – Painéis de cofragem suspensos durante o avanço da viga de lançamento	35
Figura 27 – Vista inferior do tabuleiro durante o avanço da viga de lançamento.....	36
Figura 28 - Betonagem de tabuleiro executado com viga de lançamento.....	37
Figura 29 – Vista superior do tabuleiro durante o avanço da viga de lançamento.....	38
Figura 30 - Apoio traseiro da viga de lançamento	39
Figura 31 - Viga de lançamento com a cofragem fechada	40
Figura 32 - Cabeça de ancoragem de pós-esforço após tensionamento	41
Figura 33 – Maquete do edifício sede da Chevron.....	43

Figura 34 - Estaleiro do edifício sede da Chevron	44
Figura 35 – Instalação da fachada em alumínio no edifício sede da Chevron	45
Figura 36 - Organigrama funcional do caso de estudo edifício sede da Chevron	46
Figura 37 - Ação de sensibilização para a segurança	47
Figura 38 – Vista geral do equipamento utilizado na construção da parede moldada	50
Figura 39 - Escavadora equipada com vara Kelly (e balde de maxilas)	51
Figura 40 – Construção dos muros guia utilizados na construção da parede moldada	53
Figura 41 – Balde de maxilas suspenso numa grua de lagartas	54
Figura 42 – Colocação das armaduras na escavação da parede moldada.....	55
Figura 43 – Betonagem da parede moldada com recuso ao tubo trémie.....	56
Figura 44 – Furação de ancoragens por roto-precursão	57
Figura 45 - Parede impermeabilizada com tela EPDM	58
Figura 46 - Fachada principal do hotel Baía em Luanda	59
Figura 47 - Quarto acabado do hotel Baía em Luanda.....	60
Figura 48 - Organigrama funcional do caso de estudo hotel Baía	61
Figura 49 – Mini ETAR instalada no hotel Baía.....	62
Figura 50 - Fachada principal do hotel revestida com painéis compósitos de alumínio	65
Figura 51- Fachada tardoz do hotel revestida com painéis compósitos de alumínio	66
Figura 52 - Estrutura de fixação do sistema de revestimento ao paramento exterior do edifício	67
Figura 53 - Transformadores de tensão na subestação de Bawku.....	71
Figura 54 - Vista do parque de manobras (em construção) na subestação de Zebilla.....	72
Figura 55 - Montagem do SVC em Tamale	73
Figura 56 - Intervenção na subestação de Tarkwa	74
Figura 57 - Organigrama funcional das subestações de Bawku, Zebilla, Tamale e Tarka	76
Figura 58 - Poço aberto no âmbito da prospeção geotécnica na subestação de Bawku	77
Figura 59 - Execução de um aterro por camadas na subestação de Bawku	79
Figura 60 - Maquete da central Power Cube.....	80
Figura 61 – Organigrama funcional o caso de estudo Central Térmica de Bushrod Island	82
Figura 62 - Novo parque de manobras d subestação de Kvandal durante a execução das fundações....	85
Figura 63 - Organograma do caso de estudo subestação de Kvandal	86
Figura 64 – Varões cravados na rocha na subestação de Kvandal	87
Figura 65 – Fundação no parque de manobras da subestação de Kvandal pronta a ser betonada.....	88

Símbolos, Acrónimos e Abreviaturas

ACM – *Aluminum Composite Material*

AVAC – Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

CABOC – *Cabinda Gulf Oil Limited*

EPC – *Engineering, Procurement and Construction*

EPDM – Etileno Propileno Dieno Misturado

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FAT – Factory Acceptance Tests

FIDIC – *Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils*

FRP – Fiberglass Reinforced Plastic

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PSS – Plano de Segurança e Saúde

SPT – Standard Penetration Test

SVC – *Static Var Compensator*

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

O presente relatório vem no seguimento da comunicação do Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas (CRUP) de 8 de Janeiro de 2011, onde foi recomendado às universidades que desenvolvessem mecanismos que permitissem aos licenciados pré-Bolonha adquirir o grau de Mestre.

Na referida comunicação é sugerido, que se atribua o grau de Mestre aos detentores de licenciaturas anteriores ao Processo de Bolonha com mais de 5 anos de experiência profissional, desde que estes se inscrevam num curso de mestrado adequado, solicitem a creditação da formação adquirida na licenciatura, e apresentem um relatório detalhado sobre a sua atividade profissional.

Estas recomendações foram implementadas na Faculdade de Engenharia do Porto (FEUP) através do “Regulamento da FEUP para Atribuição do Grau de Mestre a Licenciados anteriores ao Processo de Bolonha” aprovado no Conselho Pedagógico a 2012/02/15 e no Conselho Científico a 2012/04/09.

O presente relatório visa o cumprimento deste regulamento, nomeadamente o resumir da experiência profissional do autor na forma, qualidade e dimensão de uma dissertação de mestrado, e de modo a potenciar a discussão pública das experiências e competências adquiridas.

1.2. PERCURSO ACADÉMICO E PROFISSIONAL DO AUTOR

O autor iniciou os estudos em engenharia civil no ano lectivo de 1996/97 no Instituto Superior Técnico, sendo que a 26 de Julho de 2003 lhe foi atribuído o grau de licenciado (pré-Bolonha), com a classificação final de 14 valores (bom).

Das disciplinas que compreendem o currículo da licenciatura (pré-Bolonha), destacam-se as disciplinas de betão armado e pré-esforçado; análise de estruturas; estruturas de edifícios; hidráulica; saneamento; vias de comunicação; conservação e reabilitação de edifícios; materiais de construção e estaleiros.

A especialização no ramo de estruturas orientação construção, permite que o autor participe na gestão ou na fiscalização de empreitadas de construção, na avaliação de projetos e na prestação de serviços de consultadoria, na elaboração de projetos de estruturas, de redes prediais de saneamento e de abastecimento de água, entre outros.

O autor possui ainda formação no uso de diversos *software*, dos quais se destacam um curso de Autocad 2000 2D com 45h de duração, um curso de introdução ao cálculo automático de estruturas em SAP 2000 com 10h de duração, um curso de planeamento em Microsoft Project 2000 com 17,5h de duração, um curso de orçamentação de obras no CCS com 24 h de duração, um curso de gestão e planeamento de obras igualmente no CCS e também com 24 h de duração e um curso de iniciação ao cálculo automático de estruturas no Cypecad com 16 h de duração.

O percurso profissional do autor tem início em setembro de 2003 na Construtora Abrantina, SA, empresa de construção civil e obras públicas com sede em Lisboa.

O primeiro projeto em que é colocado é denominado de empreitada para a construção do Lote H do Sublanço Santo-Estevão Salvaterra de Magos da A13 – autoestrada Almeirim / Marateca sendo o cliente a Brisa autoestradas de Portugal SA. Esta empreitada compreendeu a construção do viaduto sobre a Ribeira do Trejoito com 468 m de extensão, dos viadutos V1 e V2 sobre o Vale Baeta com 130 m e 150 m de extensão respectivamente e dos viadutos A e B do Nó A10/A13 com 175 m e 105 m de extensão respectivamente.

O viaduto sobre a Ribeira do Trejoito foi executado com recurso a um cimbre aéreo auto lançável e os restantes viadutos foram executados através da utilização de cimbres apoiados no solo.

O valor da empreitada foi de 9.916.558,00 €+ IVA e o prazo de execução foi de 19 meses.

Nesta empreitada o autor desempenhou as funções de adjunto do diretor técnico da empreitada. O autor aproveitou ainda a sua colaboração nesta empreitada para realizar a sua candidatura formal à Ordem dos Engenheiros, tendo sido admitido como membro efetivo em meados de 2004.

Com a conclusão da obra em fevereiro de 2005, o autor transita para uma nova obra denominada de empreitada para construção do lote B do trecho 2 IC11/Carregado (A1) do sublanço Arruda dos Vinhos / Carregado (A1) da A10 – autoestrada Bucelas / Carregado / A13. A Brisa autoestradas de Portugal SA, é também o cliente desta nova empreitada que compreende a construção do viaduto de Santana da Carnota com 736 m de extensão e o viaduto da Granja com 112 m de extensão.

Na construção do Viaduto de Santana da Carnota foi utilizado o mesmo cimbre aéreo auto lançável utilizado na construção do Viaduto sobre a Ribeira do Trejoito e na construção do viaduto da Granja foi utilizado um sistema de cimbre apoiado no solo semelhante aos dos viadutos V1 e V2 sobre o Vale Baeta e dos viadutos A e B do Nó A10/A13.

O valor desta nova empreitada foi de 12.701.525,06 €+ IVA e o prazo de execução foi de 17 meses.

Em maio de 2006, antes de a empreitada na autoestrada A10 ter terminado, é solicitado ao autor que colabore na recepção definitiva da empreitada para a construção da A15 – autoestrada Caldas da Rainha / Santarém. Durante o período que compreende os meses de maio 2006 a fevereiro de 2007, o autor acompanha a construção de duas cortinas de estacas ancoradas e a construção de um aterro reforçado com geosintéticos, destinados a corrigir problemas de assentamento excessivo do pavimento da autoestrada.

Em fevereiro de 2007 o autor decide abraçar um novo desafio e integra os quadros da Teixeira Duarte Engenharia e Construções, SA, empresa de construção civil e obras públicas, com sede no Porto Salvo, concelho de Oeiras.

Na nova empresa, o autor continua a sua atividade como adjunto de diretor de obra, desta feita na empreitada para a construção do edifício CABGOC Chicala Headquarters Luanda também designado por edifício sede da Chevron em Luanda.

A sede da Chevron - Cabinda Gulf Oil Company Limited (CABGOC) em Luanda é um edifício de escritórios com 19.400 m² de área coberta acima do solo e 14.900 m² de estacionamento enterrado que tem por finalidade acolher a maioria dos trabalhadores da empresa, que anteriormente à construção do edifício se encontravam distribuídos pela cidade.

O edifício é formado por dois blocos ligados por uma ponte pedonal em vidro, e possui espaço para albergar mais de 700 trabalhadores e estacionamento para 250 viaturas.

A proximidade do mar levou a que o projeto conhecesse vários desafios, nomeadamente na escavação dos pisos enterrados a qual requereu a construção de uma parede moldada e a instalação de um complexo sistema de rebaixamento do nível freático.

O valor da empreitada foi de 69.376.358,00 USD e o prazo de execução foi de 30 meses.

Em novembro de 2009, foi confiada ao autor a direção da empreitada para a construção dos acabamentos do hotel Baía em Luanda.

O hotel Baía em Luanda encontra-se instalado num edifício de 8 pisos e 3 caves. O hotel, que obteve a classificação de 4 estrelas pelo Ministério do Turismo da República de Angola, tem 144 quartos (dos

quais 12 suites), estacionamento coberto para 50 automóveis ligeiros, restaurante, piscina e *health club*.

A construção do hotel compreendeu ainda a instalação de um sistema de geração de energia constituído por 2 grupos geradores a gasóleo de 900 kVA de capacidade nominal cada, um sistema de tratamento de água, uma miniestação de tratamento de águas residuais, um sistema de caldeiras a gasóleo para aquecimento de águas sanitárias, 4 elevadores, 1 monta-cargas e 1 monta-pratos e um sistema de ar condicionado que incluiu a instalação de três chillers elétricos arrefecidos a ar para a produção de água fria.

O valor da empreitada foi de 36.900.000,00 \$US e o prazo de execução foi de 14 meses.

No início de 2011, o autor é elevado à condição de membro sénior da Ordem dos Engenheiros, o que lhe permite participar na elaboração de projetos, na direção de obras e na direção de fiscalização de obras em obras de categorias mais elevadas.

Em Maio de 2012 o autor muda a sua residência para a Noruega onde integra os quadros da Jacobsen Elektro, empresa com sede na Noruega, e cujo objeto é o desenvolvimento de projetos do tipo EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) na área da produção e distribuição de energia elétrica.

No período compreendido entre Maio de 2012 e a data do presente relatório o autor colaborou em diversos projetos de concepção e execução, sendo de destacar a construção das subestações de Bawku, Zebilla, Tamale e Tarkwa no Gana, a construção da central térmica de Bushrod Island na Libéria, e a construção da subestação de Kvandal na Noruega.

Nas referidas empreitadas o autor desempenhou as funções de responsável pela especialidade de construção civil, nomeadamente no acompanhamento de projetos de fundações de equipamentos eletromecânicos, de projetos de edifícios destinados ao alojamento de equipamentos de controlo, e projetos de estruturas metálicas de suporte de equipamentos eletromecânicos. Fazem ainda parte das responsabilidades do autor o acompanhamento do projeto de *layout* nomeadamente nas partes que respeitam a construção de valetas de drenagem, valetas em betão armado para condução de cabos, rede de terras, estradas para circulação interna, etc.

1.3. OBJETIVO E ESTRUTURA

Conforme referido, o relatório tem por principal objetivo a descrição detalhada das experiências e competências desenvolvidas pelo autor ao longo da sua vida profissional, nomeadamente na área da direção de obras e de projetos.

O relatório é dividido de forma cronológica, sendo que a cada capítulo corresponde uma empresa onde o autor exerceu a sua atividade. A estrutura do relatório será a seguinte:

O capítulo 1 tem por objetivo introduzir o relatório e definir o seu objetivo e a sua estrutura.

O capítulo 2 descreve o período compreendido entre os dias 15 de Setembro de 2003 e 14 de Fevereiro de 2007, onde o autor desempenhou funções na Construtora Abrantina, SA.

O capítulo 3 corresponde ao período compreendido entre os dias 14 de Fevereiro de 2007 e 29 de Setembro de 2011, onde o autor desempenhou funções na Teixeira Duarte, engenharia e construções SA.

O capítulo 4 relata o período compreendido entre os dias 2 de Maio de 2012 e a data do relatório, onde o autor desempenha funções na Jacobsen Elektro AS.

Os capítulos 2 a 4 são iniciados por um breve resumo descritivo das empresas onde as funções foram desempenhadas e o papel do autor na organização dessas mesmas empresas. De seguida, e por ordem cronológica, são descritos os projetos que maior relevância tiveram na carreira profissional do autor, e por fim são selecionadas atividades, sobre as quais se tenta resumir o estado da arte, e salientar aspetos considerados inovadores do ponto de vista científico e tecnológico.

O relatório é encerrado com o capítulo 5, onde se ensaiam as notas finais, e se evidenciam os pontos positivos quer da formação quer da carreira profissional do autor. Neste capítulo são ainda sugeridas linhas de orientação para futuros relatórios sobre as mesmas matérias.

2

CONSTRUTORA ABRANTINA, S.A.

2.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A primeira experiência profissional foi desenvolvida na Construtora Abrantina, S.A. Na altura a que reporta o presente relatório, a Abrantina era uma das mais antigas e prestigiadas empresas de construção em Portugal.

Fundada em 1927, a empresa atuava em todas as áreas do sector da construção, com especial destaque na construção tradicional de edifícios. Do seu currículo fizeram parte obras como o Estádio do Algarve, o Estádio Municipal de Coimbra, o Pavilhão de Portugal, a Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa, o Aeroporto Sá Carneiro e a Autoestrada A7 entre Guimarães e Famalicão.

A empresa, que chegou a estar presente em projetos na Argélia, em Angola, em Moçambique e na Malásia, foi adquirida a 100% pelo Grupo Lena em 2007.

Em resultado da crise mundial de 2009, o Grupo Lena foi forçado a encetar um processo de reestruturação da sua estrutura organização, pelo que é designado “*emagrecimento*”, e do qual resultou no final de 2011 no despedimento coletivo de parte dos colaboradores da Construtora Abrantina, e na concentração de equipas em Leiria, na sede do Grupo Lena.

2.2. INTEGRAÇÃO NA EMPRESA

O autor integrou os quadros da Construtora Abrantina como engenheiro estagiário no dia 15 de Setembro de 2003. Após um período de seis meses de tirocínio, passou a desempenhar a função de adjunto do diretor de obra na área do controlo de qualidade. Em Fevereiro de 2005, ainda como adjunto do diretor de obra, o autor passou a desempenhar funções na área da produção, e finalmente

em Maio de 2006 assumiu a direção de uma pequena empreitada de reabilitação rodoviária na A15 a autoestrada que liga as Caldas da Rainha a Santarém, tendo a mesma representado o início de exercício profissional com plena autonomia de gestão.

De seguida apresentamos duas obras em que tivemos participação, a A13 e a A10, que pelo seu relevo e complexidade em muito contribuíram para a aquisição de competência profissionais de extrema importância e relevo.

Nas obras apresentadas o autor desempenhou as funções de adjunto do diretor de obra, sendo que na primeira (A13) desempenhou atividades na área da gestão económica da empreitada e na gestão da qualidade e na segunda (A10), atividades relacionadas com o controlo da produção e planeamento.

2.3. CASO DE ESTUDO: A13 – AUTOESTRADA ALMEIRIM / MARATECA – LOTE H

2.3.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

A primeira empreitada de relevo em que o autor participou durante a atividade profissional desenvolvida na Construtora Abrantina, S.A. foi a execução da A13, no troço designado por lote H.



Figura 1 – Viaduto sobre a Ribeira do Trejoito

O lote H da empreitada para a construção da autoestrada A13 que liga Almeirim à Marateca compreendeu a construção dos seguintes viadutos, do sublanço Salvaterra de Magos/A10/Santo Estêvão, no concelho de Benavente:

- Viaduto sobre a ribeira do Trejoito, entre o km 10+150 e 10+575, com 468 m de extensão;
- Viadutos V1 e V2 sobre o Vale Baeta, entre o km 14+235 e 14+365, com 130 m de extensão, e entre o km 14+475 e 14+625, com 150 m de extensão, respetivamente;
- Viadutos VA e VB no nó de ligação A10 / A13, com 175 m e 105 m de extensão, respetivamente.

O dono de obra foi a concessionária BRISA – Autoestradas de Portugal, S.A., e a fiscalização foi exercida pela empresa do mesmo grupo, BRISA – Engenharia e Gestão, S.A.

O projeto do viaduto sobre a ribeira do Trejoito é da autoria da J.L. Cândio Martins, Projetos de Estruturas, Ld.^a, os viadutos V1 e V2 sobre o vale Baeta foram projetados pela JSJ, Consultadoria e Projetos de Engenharia, Ld.^a e os viadutos VA e VB do nó de ligação A10 / A13 foram concebidos pela Perry da Câmara e Associados, Consultores de Engenharia, Ld.^a.



Figura 2 - Viadutos sobre o Vale Baeta do nó A10/A13

A empreitada foi adjudicada pelo valor global de 9 916 558 €(+IVA) e o prazo para a conclusão dos trabalhos foi de 19 meses. A obra foi consignada em Julho de 2003 e concluída em Fevereiro de 2005.

O viaduto sobre a ribeira do Trejoito é constituído por dois tabuleiros independentes dispostos lado a lado com a largura de 14,50 m cada. Os tabuleiros são em betão armado pré-esforçado, e assentam sobre pilares cilíndricos de 1,50 m de diâmetro. O vão corrente é de 32 m. Os pilares são suportados por estacas de igual diâmetro. Na construção dos tabuleiros foi utilizada uma viga de lançamento.

Os viadutos V1 e V2 sobre o Vale Baeta são constituídos por dois tabuleiros independentes com 18,00 m e 14,25 m de largura. Os tabuleiros são em betão armado pré-esforçado, e assentam sobre pilares de fuste único que abrem em “V” de forma a suportar as duas nervuras de cada tabuleiro. O vão corrente é de 35 m. As fundações dos pilares são do tipo direto no caso do viaduto V1, e indireto no caso do viaduto V2, onde foram utilizadas estacas de betão armado com cerca de 15 metros de profundidade. Os tabuleiros destes viadutos foram executados com recurso a cimbra apoiado no solo.

Os viadutos VA e VB do nó A10/A13 são constituídos por um único tabuleiro com 13,54 m e 11,5 m de largura respetivamente. Os tabuleiros são em betão armado pré-esforçado, e assentam sobre pilares cilíndricos de 1,50 m de diâmetro. O vão corrente é de 30 m. Os pilares são suportados por estacas de igual diâmetro em parte do viaduto VA e na parte restante e no viaduto VB por sapatas em betão armado. Os tabuleiros destes viadutos foram executados com recurso a cimbra apoiado no solo.



Figura 3 – Construção dos viadutos sobre o Vale Baeta do nó A10/A13

2.3.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

A organização de uma empreitada de construção pode geralmente ser dividida em três vertentes:

- A direção técnica;
- A direção administrativa e financeira;
- A direção de produção.

A direção técnica trata das questões relacionadas com a preparação dos trabalhos, nomeadamente a interpretação do projeto, a definição de métodos de trabalho, a implantação e monitorização topográfica, entre outras. Na direção técnica inclui-se ainda a gestão da qualidade, a higiene, segurança e saúde no trabalho e a gestão das questões relativas à defesa do meio ambiente e do acompanhamento arqueológico, se aplicável.




Figura 4 – Construção dos viadutos V1 e VA do Vale Baeta

Na direção administrativa e financeira, estão incluídos os serviços administrativos, que entre outras tarefas gerem os pedidos de material e registos de ponto, e a equipa das medições e orçamentação, que em coordenação com a direção de produção, produz os autos de medição e auxiliam no controle dos

custos e na valorização dos trabalhos a mais. A direção administrativa e financeira é ainda responsável pela consulta de preços de subempreitadas e materiais, e pela elaboração dos respectivos contratos de adjudicação.

A direção de produção é responsável pela coordenação de todos os meios utilizados na construção bem como pelo interface com as vertentes nomeadamente no controlo de materiais e estoque, no apoio à definição de métodos de trabalho, no controlo de qualidade, etc. O planeamento dos trabalhos encontra-se normalmente a cargo da direção de produção bem como o seu acompanhamento.

No caso em estudo, a direção técnica da obra foi assegurada por um engenheiro civil sénior que concentrou em si a responsabilidade pelas três vertentes de gestão acima descritas. Na direção da empreitada participaram ainda outros dois engenheiros civis, que na qualidade de adjuntos assumiram funções na direção técnica e direção de produção. Da estrutura de gestão fizeram ainda parte um engenheiro e um técnico de segurança, um engenheiro do ambiente, um topógrafo, dois técnicos de construção civil, um técnico administrativo, e uma arqueóloga. Apresenta-se de seguida o organograma funcional da empreitada, que representa a estrutura interna da organização, e as principais relações funcionais existentes entre os membros da equipa de gestão.

	A 13 – AUTO ESTRADA ALMEIRIM / MARATECA SUBLANÇO SALVATERRA DE MAGOS / A10 / SANTO ESTEVÃO EMPREITADA PARA A CONSTRUÇÃO DOS VIADUTOS SOBRE A RIBEIRA DO TREJOITO / VIADUTO V1 SOBRE O VALE BAETA / VIADUTO V2 SOBRE O VALE BAETA / VIADUTO VA / VIADUTO VB NÓ DE INTERLIGAÇÃO A10 / A13
--	---

ORGANIGRAMA FUNCIONAL

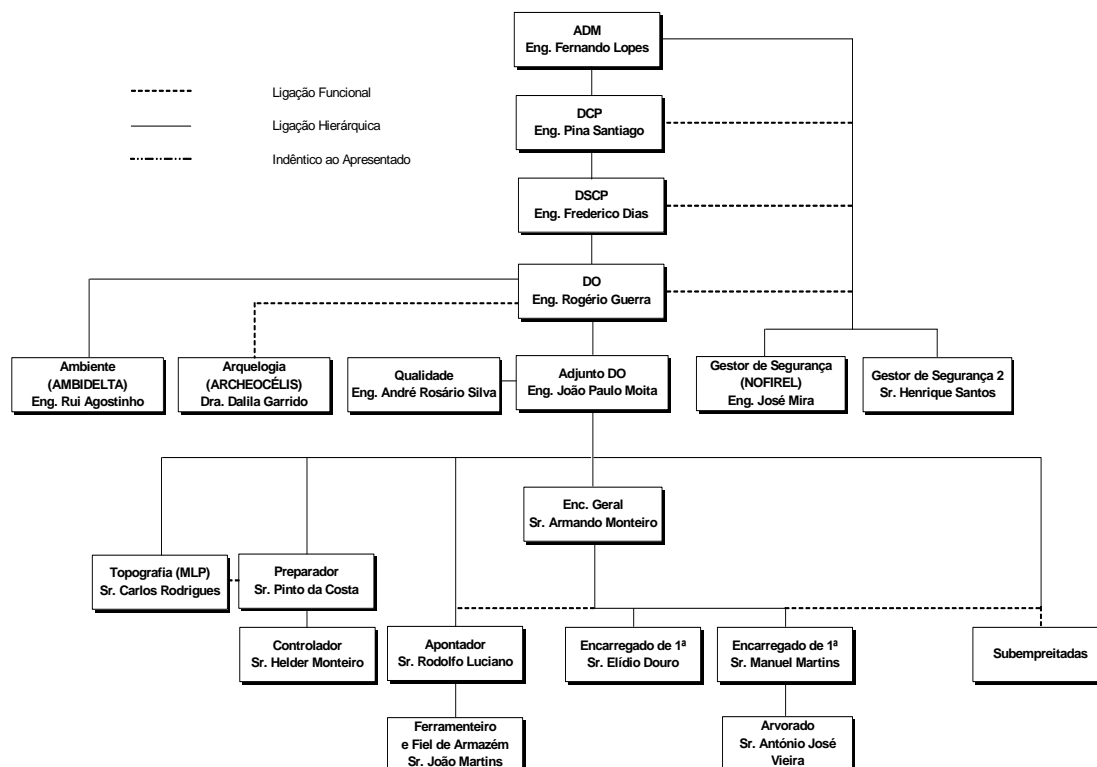


Figura 5- Organograma funcional do caso de estudo A13 - Lote H

2.3.3. CONTROLO DE QUALIDADE DOS BETÕES E DAS ARMADURAS

O controlo da qualidade dos betões e aços utilizados na construção tem por primeiro objetivo confirmar que os materiais prescritos no projeto de execução foram aplicados na qualidade definida pelo projetista. No caso em estudo, o controlo de qualidade da aplicação dos betões foi dificultada por se ter reunido na mesma empreitada cinco viadutos, projetados por três projetistas distintos, e com requisitos de qualidade e classes de betões diferentes. Já no caso dos aços, o controlo de qualidade foi simplificado pela utilização da mesma classe em todos os viadutos construídos.

O fornecimento de betão pronto foi adjudicado à Cimpor Betão – Indústria de Betão Pronto, S.A., que instalou uma central de produção no estaleiro da obra. Esta mesma empresa mobilizou ainda seis autobetoneiras, uma autobomba com quarenta metros de lança para a utilização exclusiva do projeto.

A qualidade dos betões fornecidos foi verificada no estado fresco, através da realização do ensaio de plasticidade do cone de Abrams, e no estado endurecido, através do ensaio à rotura à compressão de provetes recolhidos durante a betonagem.



Figura 6 – Camião betoneira utilizado no fornecimento de betão

O ensaio do cone de Abrams, também denominado por ensaio de abaixamento, tem por primeiro objetivo verificar se não existiram erros grosseiros na composição durante a produção do betão. Um aumento brusco no abaixamento pode ser o resultado de alterações no teor em humidade dos inertes, este efeito, quando combinado com alterações no aspeto do cone, pode também ser o resultado de variações indesejadas na granulometria dos inertes, nomeadamente na quantidade de areia utilizada ou no aumento do seu módulo de finura.

Este ensaio permite ainda a comparação com as classes de abaixamento definidas na norma “NP EN 206-1 – Betão Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”, e aferir se o betão se encontra dotado das condições de consistência necessárias à aplicação pretendida. No caso em estudo, foram utilizados betões das seguintes classes de consistência:

- S2 (rijo) – no fabrico de muros “*New Jersey*” com recurso a máquina de cofragem deslizante;
- S3 (fluido) – na betonagem com recurso a bomba de betão;
- S4 (muito fluído) – na betonagem de estacas moldadas com recurso a tubo-tremi.



Figura 7 - Ensaio do cone de Abrams

Os ensaios de abaixamento foram realizados segundo a norma NP EN 12350-2 – Ensaio do betão fresco, ensaio de abaixamento. Com exceção dos betões de limpeza, para os quais o ensaio de abaixamento não era obrigatório, foram ensaiados todas as autobetoneiras fornecidas à obra, independentemente da quantidade transportada. Os resultados do ensaio foram numa primeira fase registados nas guias de transporte e depois transcritos para o relatório final, de onde também constava o resultado dos ensaios de rutura à compressão.

Os ensaios de rutura à compressão foram realizados sobre provetes cúbicos moldados aquando da betonagem. Para cada amostra foram moldados três ou quatro cubos, caso se tratasse de uma peça destinada a ser pós-tencionada. O primeiro cubo destinava-se a ser ensaiado após 7 (sete) dias de cura e os restantes aos 28 dias. No caso das peças pós-tencionadas foi ensaiado um cubo suplementar após 3 dias de cura.



Figura 8 - Provetes cúbicos retirados durante a betonagem

Os ensaios de rutura aos 7 dias de cura tiveram por objetivo confirmar que o processo de maturação do betão se encontrava no intervalo esperado e assim agir antecipadamente em caso de não conformidade.

Os ensaios de rutura aos 28 dias foram utilizados para caracterizar a classe de resistência do betão conforme a norma NP EN 206-1 - Betão Parte 1: Especificação, desempenho, produção e

conformidade. Foram reservados dois cubos para ensaio aos 28 dias, por um lado porque o par média diferença é também uma bom indicador e, por outro, porque um dos cubos pode ser antecipado ou repetido para confirmar ou alterar um resultado de teste efetuado anteriormente.

O ensaio de rutura aos 3 dias, efetuado apenas nas peças pós-tencionadas, teve por objetivo a confirmação das condições para que o pós-esforço pudesse ser realizado.

O procedimento de registo incluiu os resultados do ensaio de abaixamento, a temperatura do betão na altura do fornecimento, a densidade do provete na altura da sua na receção no laboratório e os resultados do ensaio à compressão aos 3, 7 e 28 dias de maturação.

O controlo das características dos betões teve por base o desvio padrão e o valor característico da tensão das tensões de rutura aos 28 dias.



Figura 9 – Desmoldagem dos cubos no laboratório

O controlo de qualidade das armaduras foi meramente documental e resumiu-se ao registo das guias de remessa e à verificação da documentação que acompanhou cada fornecimento, nomeadamente o

relatório dos ensaios executados pelo produtor. Foi verificado que todos os aços utilizados tiveram origem em produtores homologados pelo LNEC e as etiquetas que acompanharam os atados foram recolhidas e entregues à fiscalização.



Figura 10 – Betonagem de um pilar no viaduto V1 sobre o Vale Baeta

2.3.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

2.3.4.1. Fundações indiretas (estacas)

2.3.4.1.1. Introdução

Em resultado das características geológicas do solo de fundação existiu a necessidade da execução de estacas na fundação de alguns pilares e encontros dos viadutos. As estacas executadas foram do tipo moldadas e na sustentação das paredes do furo foram utilizadas lamas bentoníticas.

No Viaduto sobre a ribeira do Trejoito foram executadas 64 estacas de 1,5 e 1,0 m de diâmetro e com comprimentos que variaram entre os 19 e os 25 m. No viaduto 2 sobre a Ribeira do Vale Baeta foram executadas 48 estacas com 1,0 m de diâmetro e comprimentos compreendidos entre os 11 e os 17 m.

No viaduto A sobre a Ribeira do Vale Baeta foram executadas apenas 6 estacas de 1,5 m de diâmetro e comprimentos que rondaram os 14 e os 20 m.

A execução deste género de fundações poderá ser dividida nas seguintes fases:

- Marcação e furação;
- Colocação de armaduras e betonagem;
- Saneamento da cabeça da estaca e ensaios de integridade.

2.3.4.1.2. Marcação e furação

No local onde serão executadas as estacas foram construídas plataformas em terra, devidamente regularizadas e estáveis, a cerca de 1,5 m acima do nível máximo de água no solo. Estas plataformas tiveram por objetivo dotar o local das condições técnicas exigidas pelo equipamento de furação.

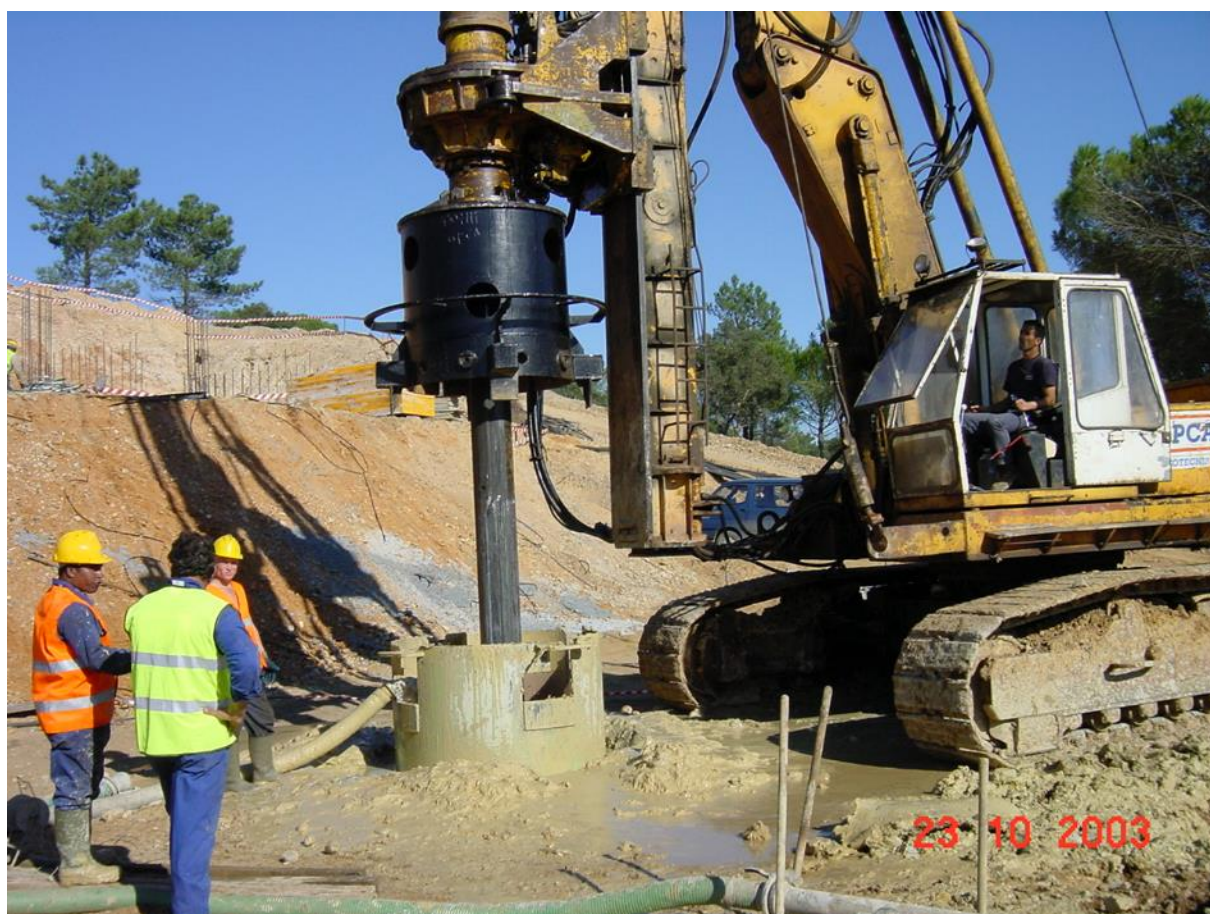


Figura 11 – Escavadora de perfuração utilizada na construção de estacas moldadas

Na extração do terreno foram utilizadas escavadoras de perfuração e baldes escavadores. No estabelecimento da ponta da estaca foram utilizados trados helicoidais dotados de pontas em metal endurecido, tipicamente designados por trados de rocha.

A estabilidade das paredes dos furos foi assegurada nos primeiros metros de furação por encamisamento metálico provisório, e no restante comprimento através de lamas bentoníticas. As lamas bentoníticas foram preparadas em depósitos adequados através da mistura de bentonite em pó e água. A bentonite é bombada para o interior do furo durante a extração do terreno, formando em contato com as paredes exteriores do furo uma película estabilizadora a que geralmente se designa por *cake*. Quando o furo se encontra concluído, a lama bentonítica é bombada novamente para o depósito, onde é filtrada de impurezas como areias e matérias orgânicas que eventualmente se encontrem em suspensão.

2.3.4.1.3. Colocação das armaduras e betonagem

As armaduras de reforço são armadas no exterior e introduzidas no furo com o auxílio de uma grua. Durante a introdução da armadura são aplicados espaçadores em betão de modo a garantir o recobrimento definido em projeto.



Figura 12 - Armadura da estaca a ser inserida no furo

Assim que a armadura se encontra introduzida, é instalado a coluna de betonagem (também designada por tubo tremi) e introduzido o betão por um funil colocado no topo do tubo. À medida que o betão enche o interior do tubo, a coluna é elevada e retirados troços, tendo o cuidado de manter o tubo sempre no interior da massa de betão, de forma a evitar contaminações no interior da estaca betonada.

2.3.4.1.4. Saneamento da cabeça da estaca e ensaios de integridade

Este método de execução conduz inevitavelmente à contaminação do betão da cabeça da estaca com resíduos de bentonite, areias e outras matérias estranhas pelo que é necessária a sua remoção. No caso em estudo, a demolição do topo das estacas foi executada com recurso a martelos pneumáticos.



Figura 13 - Tubos metálicos para o ensaio *cross-hole* instalados na armadura da estaca

A integridade das estacas foi verificada através da realização de ensaios sónicos do tipo *cross-hole*. Este método de ensaio consiste na análise contínua ao longo da estaca da velocidade de propagação de ultrassons. Para o efeito foram utilizados quatro tubos metálicos, colocados com as armaduras ao longo do comprimento da estaca, onde são instaladas duas sondas, uma de emissão e outra de receção. O sinal estabelecido entre a sonda de emissão e a sonda de receção é transmitido a um osciloscópio

que regista a diagrafia do elemento investigado à medida que as sondas vão ascendendo em paralelo desde o fundo dos tubos até à superfície.

Num betão homogéneo de boa qualidade a velocidade dos ultras sons deve ser constante e da ordem dos 4 000 m/s. No caso de betões com fraca qualidade ou volume de vazios superior ao normal a velocidade de propagação dos ultras sons diminui. De igual modo, se existirem interrupções ou estreitamentos ao longo da estaca, estes são observáveis no registo do gráfico de velocidades sendo ainda possível detetar a que profundidade estes ocorrem.

2.3.4.2. Execução de tabuleiros com recurso a cimbres apoiado no solo

2.3.4.2.1. Introdução

Com exceção do viaduto sobre a Ribeira do Trejoito, todos os viadutos incluídos na empreitada em estudo foram executados com recurso a cimbres apoiados no solo. Este método construtivo foi o escolhido por se considerar ser o mais económico dada a extensão, comprimento do vão e altura ao solo dos viadutos construídos.



Figura 14 – Cimbres e cofragem do primeiro tramo do viaduto V1 sobre o Vale Baeta

A execução de tabuleiros com recurso a cimbres apoiados no solo poderá ser dividida nas seguintes fases:

- Preparação da plataforma e implantação topográfica;
- Montagem (desmontagem e movimentação) de cimbres;
- Cofragem (e desconfragem);
- Betonagem.

2.3.4.2.2. Preparação da plataforma e implantação topográfica

No caso em estudo, as plataformas de apoio do cembre foram executadas com os solos resultantes da escavação das sapatas, dado tratarem-se de uma mistura de areia e burgau com boas características de resistência à compressão e compatibilidade.



Figura 15 - Plataformas compactadas para a instalação de cembre

A capacidade de suporte e estabilidade das plataformas foi estimada através da realização de ensaios de carga com placa. Estes testes consistiram na aplicação de uma carga vertical numa placa circular em aço e na medição do deslocamento correspondente.

Para a aplicação da carga vertical foi utilizado um cilindro hidráulico acionado por uma bomba com manómetro de pressão acoplado. Os deslocamentos foram medidos através de um defletómetro, colocado no centro de gravidade da placa e apoiado no elemento de reação, que no caso em estudo se tratou de um camião lastrado.

Os ensaios de carga com placa permitiram estimar o módulo de deformabilidade do terreno e assim estimar o assentamento do cimbra nas condições de carga espectáveis durante a betonagem.

2.3.4.2.3. Montagem, movimentação e desmontagem de cimbra ao solo

Na empreitada em estudo foi utilizado um sistema de cimbra patenteado pela Ulma Construcción que permite a construção de módulos de cimbra com o máximo de $1,6 \times 1,6$ m de área em planta.



Figura 16 - Rotação das torres de cimbra no viaduto VA sobre o Vale Baeta

O sistema utilizado permitiu o transporte de torres montadas minimizando assim trabalhos de desmontagem e remontagem. As torres de cimbra assentam sobre sulipas em madeira que por sua vez assentam sobre as plataformas em aterro.

As referências topográficas necessárias à montagem do cimbra, assim como cotas de referência nos pilares e encontros betonados anteriormente, são determinados pelo topógrafo. Na determinação da altura do cimbra é levado em conta o assentamento do solo, estimado com o auxílio de ensaios de carga com placa, e a deformação do próprio material cimbra resultante da acomodação das uniões e deformação das cunhas de madeira utilizadas no seu nivelamento.

2.3.4.2.4. Cofragem

A cofragem do tabuleiro dos viadutos foi contruída com painéis de contraplacado com 21 mm de espessura apoiados sobre vigas em madeira e cavaletes metálicos. À semelhança do sistema de torres de cimbra, o sistema de cofragem utilizado também foi concebido pela Ulma Construcción. Os painéis de cofragem foram contruídos na largura dos tabuleiros a betonar e em módulos de 4,50 m de comprimento.



Figura 17 – Vista aérea dos Viadutos sobre o Vale Baeta durante a sua execução

2.3.4.2.5. Betonagem

As betonagens dos tabuleiros iniciaram-se do alinhamento dos pilares em direção ao vão já betonado. As vigas longitudinais foram geralmente betonadas em primeiro lugar seguindo-se a laje. Quando a temperatura ambiente era elevada as vigas longitudinais e a laje foram betonadas em simultâneo de forma a evitar juntas de betonagem. Em ambos os casos existiu o cuidado de se carregar os módulos de cofragem de modo simétrico.

O assentamento do cimbra durante a betonagem foi controlado de uma forma expedita através de “testemunhos”. Um “testemunho” é um pequeno peso suspenso na cofragem por um arame o qual se conhece a altura ao solo antes da betonagem se ter iniciado. A altura dos testemunhos ao solo é verificada regularmente durante a betonagem e o valor final do assentamento foi registado no relatório da obra.



Figura 18 – Betonagem do primeiro tramo do viaduto V1 sobre o Vale Baeta

2.4. CASO DE ESTUDO: A10 – AUTOESTRADA BUCELAS / CARREGADO / A13

2.4.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O lote B da empreitada para a construção da autoestrada A10 que liga Bucelas aos Carregado e à autoestrada A13 compreendeu a construção dos seguintes viadutos do trecho 2 – IC11 / Carregado (A1) do Sublanço Arruda dos Vinhos / Carregado (A1), no concelho de Alenquer:

- Viaduto de Santana da Carnota, entre o km 0+636,40 e 1+372,40, com 736 m de extensão;
- Viaduto da Granja, entre o km0 +037,00 e 0+149.00, com 112 m de extensão.



Figura 19 - Viaduto de Santana da Carnota na fase de execução

O dono de obra foi a concessionária BRISA – Autoestradas de Portugal, S.A., e a fiscalização foi exercida pela empresa do mesmo grupo, BRISA – Engenharia e Gestão, S.A.

O projeto do viaduto de Santana da Carnota é da autoria da empresa Pedro de Albuquerque, Lda. e o viaduto da Granja foi concebido pelo GEG, Gabinete de Estruturas e Geotecnia, Lda.

A empreitada foi adjudicada pelo valor global de 12.701.525,06 €(+IVA) e o prazo para a conclusão dos trabalhos foi de 17 meses. A obra foi consignada em Fevereiro de 2005 e concluída em Julho de 2006.

O viaduto de Santana da Carnota é constituído por dois tabuleiros independentes em betão armado pré-esforçado, cada um suportado por duas vigas contínuas com 3,00 metros de altura. As fundações executadas foram do tipo direto entre o encontro E1 e o alinhamento de pilares P1, nos restantes alinhamentos de pilares bem como no segundo encontro foram executadas fundações indiretas em estacas. A suportar cada tabuleiro, foram executados dois pilares de secção circular e com 1,70 metros de diâmetro. Os pilares com mais de 20 metros de altura foram dotados de um embasamento circular com 2,60 metros de diâmetro. Transversalmente, o tabuleiro mede 35,70 metros de largura, de forma a acomodar duas faixas de rodagem com 10,50 metros de largura cada, bermas direitas com 4,50 metros de largura, bermas esquerdas com 1,00 metros de largura, passadiços de serviço com 0,85 metros de largura à direita e um separador central com 2,00 metros de largura. O viaduto de Santana da Carnota tem um vão corrente de 42 metros, e foi executado com o recurso a um cimbre auto lançável, também conhecido por viga de lançamento.



Figura 20 - Sapatas e arranque dos pilares do viaduto de Santana da Carnota

À semelhança do viaduto de Santana da Carnota, o viaduto da Granja também é constituído por dois tabuleiros independentes em betão armado pré-esforçado, cada tabuleiro é no entanto suportado por três vigas contínuas com 1,80 m de altura. As fundações executadas foram do tipo indireto, em estacas, quer nos pilares quer nos encontros. Foram construídos três pilares por alinhamento, todos idênticos e de secção circular com 1,20m de diâmetro. Transversalmente, o tabuleiro do viaduto da Granja com 36,10 m é ligeiramente maior que o do viaduto de Santana da Carnota, mas a sua configuração é semelhante.

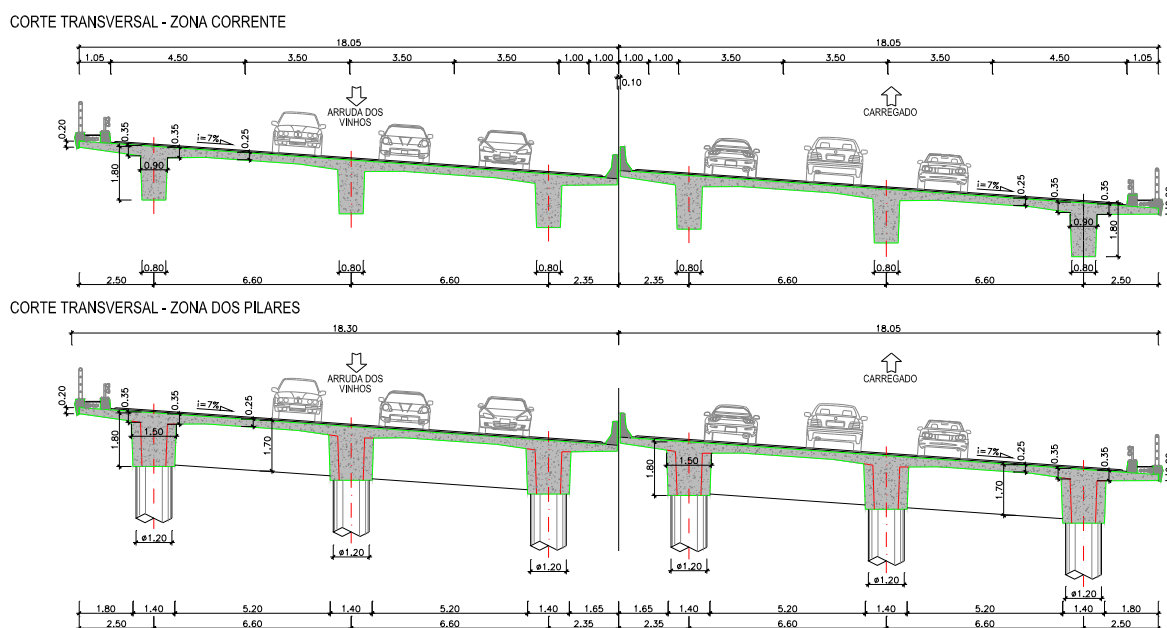


Figura 21 – Perfil transversal da via do viaduto da Granja

O tabuleiro do viaduto da Granja tem um vão corrente de 31 metros e foi executado com o recurso a cimbres apoiados no solo.

2.4.2. DIREÇÃO DE OBRA, ORGANOGRAMA E ESTALEIRO

2.4.2.1. Introdução

A estrutura da direção da obra seguiu a mesma lógica descrita no capítulo anterior sendo que nesta empreitada o autor desempenhou as funções de adjunto do diretor técnico da empreitada.

As funções de um adjunto do diretor técnico de empreitada poderão resumir-se no seguinte:

- Definir a estratégia de execução da empreitada;
- Assegurar a qualidade na execução, nomeadamente o cumprimento do caderno de encargos;

- Planear a execução da obra e determinar as necessidades de pessoal, equipamentos, materiais, subempreitadas e serviços necessários à execução da empreitada;
- Preparar os procedimentos de produção e selecionando soluções técnicas adequadas;
- Acompanhar o andamento da obra;
- Apoiar a medição dos trabalhos utilizada na emissão de faturas ao cliente;
- Apoiar na contratação de subempreitadas e serviços e no acompanhamento dos mesmos;
- Apoiar na fiscalização das condições de segurança da obra e da implementação das medidas de minimização do impacto ambiental.

Conforme referido, a logica da organização da empreitada foi semelhante à da empreitada descrita no capítulo anterior. O organograma funcional foi no entanto o seguinte:

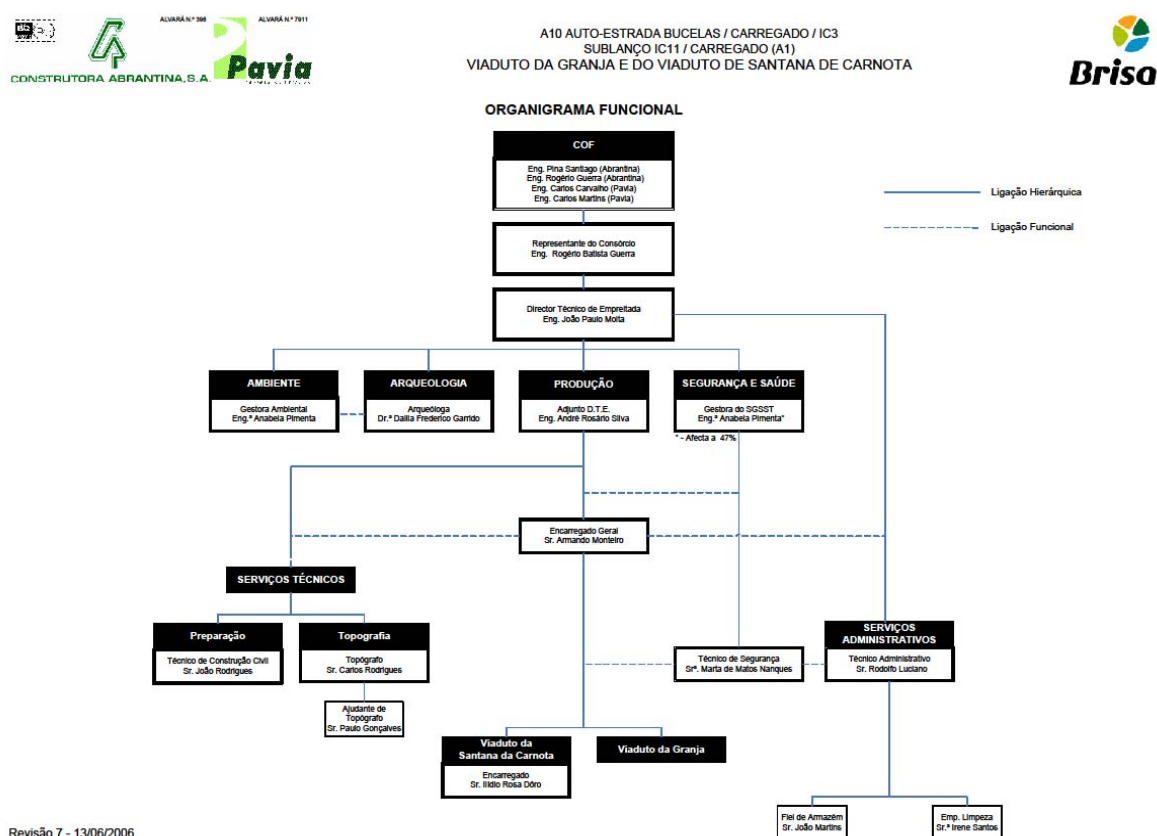


Figura 22- Organigrama funcional do caso de estudo A10 - Lote B

O estaleiro provisório construído para o apoio da empreitada ocupou uma área de cerca de 7.000 m², sendo que destes 3.000 m² em zona coberta. O estaleiro foi dividido em quatro zonas:

- Oficinas, onde se inclui a carpintaria, o armazém e a oficina de corte e montagem de armaduras;
- Escritório, onde se inclui os gabinetes de apoio à obra, nomeadamente a direção da obra, os gabinetes técnicos de topografia, preparação de obra, higiene e segurança no trabalho, ambiente e topografia e os escritórios da fiscalização;
- Área social, que inclui os dormitórios, balneários e refeitório.

2.4.2.2. Oficinas

A carpintaria, com uma área de 400 m², foi instalada no interior de uma nave industrial alugada para o efeito. A carpintaria incluiu um estrado para fabricação de cofragem com uma área de cerca de 50 m² e um conjunto de equipamento específico ao fabrico de cofragens dispostos de forma a maximizar a produção e em simultâneo garantir condições de segurança dos operários.



Figura 23 - Cofragem para sapata preparada na oficina do estaleiro

A oficina de corte e montagem de armaduras ocupou uma área de cerca de 300 m² no exterior das instalações. A oficina de corte e montagem de armaduras incluiu um coberto com uma área de cerca de 50 m² onde foram instaladas as máquinas de corte de dobragem e uma zona para o armazenamento de aço em varão com 300 toneladas de capacidade. Na oficina de corte e montagem de armaduras foi instalada uma grua torre para o apoio às cargas e descargas.

O armazém foi instalado em duas áreas independentes cobertas com cerca de 100 m² cada onde se armazenaram diversos materiais de construção e ferramentas, tais como pregos, tintas e colas.

2.4.2.3. Escritório

Os escritórios da obra foram instalados no interior de uma nave industrial alugada e ocuparam uma área de cerca de 300 m² aos quais acresceram cerca de 400 m² de estacionamento no exterior. Nos escritórios foram instalados as equipas técnicas de apoio à obra e a fiscalização do cliente.

2.4.2.4. Zona social

A zona social do estaleiro ocupou a mesma nave industrial mas numa zona de acesso independente. Os dormitórios ocuparam uma área de cerca de 400 m² e o refeitório cerca de 350 m². Os critérios de dimensionamento das instalações sociais tiveram por base o Decreto n.º 46427 de 10 de Julho de 1965.

O estaleiro foi provido das necessárias infraestruturas de abastecimento de água e drenagem de águas residuais. Para o abastecimento de água foi efetuado através da rede pública e para o tratamento dos esgotos foi construída uma fossa séptica. Para o fornecimento de energia elétrica a obra dispôs de um posto de transformação de 500kVA de capacidade.

A higiene, segurança no trabalho e proteção do ambiente foi tida em conta no planeamento do estaleiro que incluiu, entre outras medidas de minimização, a execução de bacias de retenção junto dos depósitos de armazenamento de gasóleo e a instalação de um ecoponto para a reciclagem de resíduos.

2.4.3. CONTROLO DE CUSTOS

A conclusão da empreitada pelo valor e no prazo contratado é normalmente um dos objetivos de qualquer direção de obra. Para que este objetivo seja alcançado, é necessário o controlo de todos os pedidos de compra, contractos de subempreitada, autos de medição, guias de fornecimento de materiais e registos de ponto imputáveis à empreitada.

O controlo de custos é na sua essência o controlo contínuo do desempenho económico do projeto e a sua comparação com o orçamento da proposta. O controlo de custo tem ainda por objetivo a identificação atempada de desvios de modo a permitir a implementação de medidas corretivas. O controlo de custos pode também ser utilizado para definir indicadores de produção que potencialmente podem ser utilizados para orçamentar outras empreitadas semelhantes.

Na empreitada em estudo, o controlo de custos envolveu as seguintes atividades:

- O reorçamento da empreitada;
- A definição de indicadores e objetivos de resultado;
- O acompanhamento dos custos imputados ao projeto;
- A identificação de desvios;
- A implementação de medidas corretivas;
- Elaboração de relatórios e o registo de rácios de produção.

O controlo de custos utiliza diversas fontes de informação tais como:

- Partes diárias de trabalho elaboradas pelos encarregados de frente;
- Registos de ponto do pessoal;
- Partes diárias dos equipamentos elaboradas pelos respetivos condutores manobreadores;
- Autos de medição das subempreitadas;
- Guias de remessa de materiais;
- Faturas do fornecimento de materiais;

A recolha de informação no terreno é essencial na identificação de desvios quer no custo quer no prazo de execução. Esta informação é também útil na construção de rácios de produção, que podem ser utilizados na orçamentação de projetos semelhantes.

Os fatores que podem afetar o custo e o prazo de execução de um projeto são normalmente os seguintes:

Condições climatéricas adversas – o trabalho sob condições climatéricas adversas decorre normalmente de modo mais lento podendo também ter consequências na qualidade.

Competência dos trabalhadores – a competência dos trabalhadores está intrinsecamente relacionada com o seu rendimento. Numa empreitada geral os trabalhos são na sua maioria subcontratados em

tarefas onde a avaliação da competência e experiência dos trabalhadores fornecidos pelos tarefeiros é por vezes difícil.

Competência dos encarregados – à semelhança da competência dos trabalhadores, a competência do encarregado que os dirige está diretamente relacionada quer com os rendimentos de produção quer na qualidade do produto produzido;

Planeamento da sequência dos trabalhos – a afetação de recursos e a correta planificação dos trabalhos pode fazer a diferença nos tempos de execução das tarefas e assim nos rendimentos de produção.



Figura 24 - Pilares em execução no viaduto de Santana da Carnota

Trabalhos a mais e a menos – os pedidos de trabalhos a mais e a menos por parte do cliente podem influenciar negativamente o rendimento da produção uma vez que podem causar constrangimentos ao planeamento e por consequência aos recursos afetos à obra.

Materiais defeituosos – a utilização de materiais com defeitos e a necessidade da sua substituição ou correção após aplicação podem ter consequências desastrosas no planeamento e consequentemente no custo do projeto.

Avaria em equipamento crítico – a maioria dos trabalhos de construção é dependente da utilização de algum tipo de equipamento que em caso de avaria pode imobilizar por inteiro uma equipa de produção com inevitáveis consequências quer no custo quer no prazo de execução da empreitada.

Atraso nos fornecimentos – o atraso no fornecimento de materiais e equipamentos conduz inevitavelmente a atrasos na execução da empreitada e assim a custos acrescidos quer pela imobilização ou sub-rendimento das equipas quer pelo esforço suplementar necessário à recuperação do tempo perdido.

O controlo de custos na empreitada em estudo teve por base o orçamento de concurso que por sua vez foi baseado no articulado fornecido com os documentos do concurso e também utilizado na elaboração dos autos de medição mensais.

Numa primeira fase, os preços unitários do orçamento foram confirmados através da consulta dos subempreiteiros e fornecedores. A esta fase denominou-se de reorçamento da empreitada.

Após o reorçamento da empreitada, a cada atividade do articulado do orçamento foi dado um código de custo. Toda a informação relacionada com a atividade produtiva em obra foi codificada utilizando os mesmos códigos de custo. A codificação incluiu os autos de medição dos subempreiteiros, as guias de remessa de matérias, as partes diárias das máquinas, etc. Estes códigos permitiram a contabilização dos custos por atividade e a comparação com o orçamento durante a execução da empreitada.

Na análise dos desvios, para além do custo, foi também necessário conhecer a quantidade produzida. O método utilizado foi o mesmo, i.e. as quantidades patentes nas guias de remessa, autos de medição etc. foram codificadas utilizando os códigos de custo e contabilizadas. Uma vez conhecido o custo e a quantidade foi possível determinar o seu rácio e compará-lo com o rácio obtido do orçamento da proposta da mesma forma. A divergência de rácios era indicadora da existência de um desvio nos custos cuja origem foi normalmente investigada.

As causas dos desvios mais comuns encontradas foram as seguintes:

- Erro na quantificação das quantidades produzidas;
- Erros e omissões do orçamento;
- Desperdício excessivo ou não considerado no orçamento;
- Trabalho a mais e a menos (diferença nas quantidades);
- Erro na fatura do fornecedor / subempreiteiro;
- Sobrecustos resultantes de atividades acessórias não orçamentadas.

De forma a permitir a facilitar a comparação, os trabalhos a mais e a menos foram controlados de modo separado na folha do controlo de custos da empreitada.

De referir por fim que o objetivo desta comparação detalhada não foi a de corrigir todas as discrepâncias individuais mas assegurar que os desvios, uns positivos, outros negativos, se compensam entre si e o balanço total é positivo.

2.4.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

2.4.4.1. Execução de tabuleiros com recurso a viga de lançamento

2.4.4.1.1. Introdução

A viga de lançamento foi a designação dada à estrutura resistente principal do cimbre móvel utilizado na betonagem do tabuleiro do viaduto de Santana da Carnota. Durante a betonagem, esta estrutura suportou para além do seu peso próprio, o betão armado do tabuleiro, as cofragens e as plataformas de trabalho.



Figura 25 – Viga de lançamento na operação de avanço

As ações consideradas no dimensionamento da viga de lançamento foram as seguintes:

- Peso próprio do tabuleiro - 345kN/m;
- Peso próprio das cofragens e das plataformas de trabalho – 20 kN/m;
- Sobrecarga vertical de trabalho – 1kN/m²

A estrutura resistente da viga de lançamento é composta por duas vigas trianguladas verticais com 6.50m entre eixos das cordas. Os planos que contêm estas vigas estão afastados de 4.50 m. A estrutura inclui juntas em vários pontos das cordas superiores e inferiores, de modo a permitir a sua divisão em peças passíveis de serem transportadas em meios de transporte normais.

De forma a garantir a estabilidade na movimentação, a estrutura prolonga-se para além do comprimento necessário à betonagem dos troços de tabuleiro. O comprimento total da viga de lançamento é de 64 m.



Figura 26 – Painéis de cofragem suspensos durante o avanço da viga de lançamento

Os apoios traseiros da viga de lançamento são compostos um sistema de rodados montados sobre uma viga carril com aproximadamente 3 m sobre a qual os rodados se deslocam através de 2 cilindros de 10 ton. Os sistemas de rodados estão suspensos numa estrutura telescópica ligada a um cilindro hidráulico

que os suspende lateralmente à viga traseira. Para além do sistema de rodados, foram instalados no apoio traseiro dois cilindros hidráulicos de 250 toneladas com a função de suportar as cargas impostas pela betonagem.

O apoio dianteiro é constituído por uma mesa onde a viga suportada por um cavalete com quatro pernas que por sua vez descarrega na travessa dos pilares do viaduto. No apoio dianteiro foram ainda instalados dois cilindros hidráulicos de 600 ton com a função de suportar as cargas impostas pela betonagem.

2.4.4.1.2. Avanço da viga de lançamento

O avanço da viga de lançamento tem início logo após a descofragem do tramo anterior. Os cilindros traseiros de apoio à betonagem são destravados e a viga passa a ficar apoiada nos rodados. De igual modo os cilindros do apoio dianteiro são destravados e atuados para que a viga apoie sobre a mesa dianteira. Os cilindros dos rodados são então atuados obrigando a viga a avançar sobre a mesa. Os apoios da viga foram equipados com um sistema de travagem que impede de a viga recuar em caso de falha do sistema hidráulico. Os cilindros de avanço também foram equipados com válvulas de segurança.

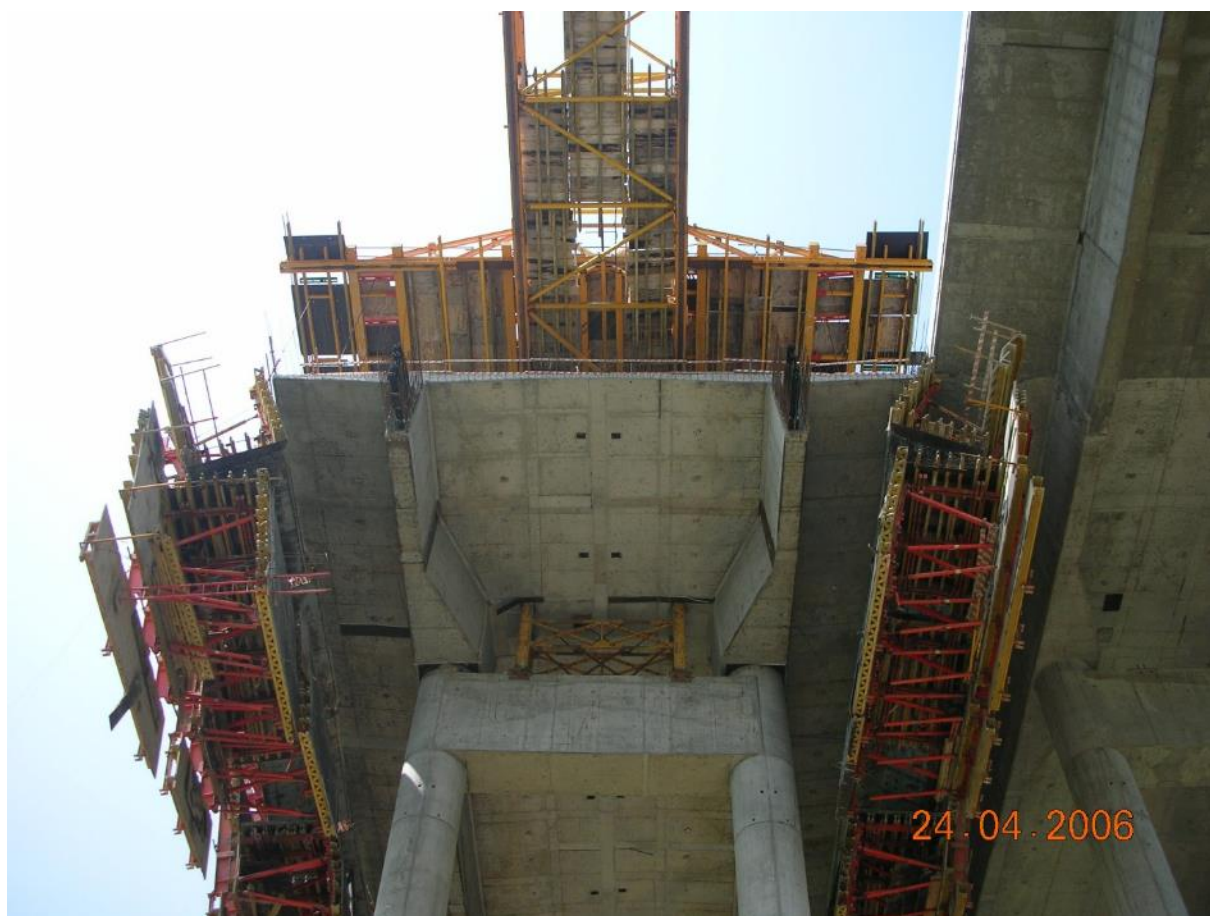


Figura 27 – Vista inferior do tabuleiro durante o avanço da vida de lançamento

2.4.4.1.3. Posicionamento para betonagem e fecho da cofragem

Assim que a viga atinge a posição de betonagem, os cilindros de apoio dianteiros e traseiros são elevados e travados. A cofragem é então fechada utilizando os guinchos instalados na estrutura da viga. De seguida são colocados os varões de suspensão e os fechos dos painéis. Os moldes são então ajustados com o auxílio do topógrafo e as armaduras montadas no seu interior.

2.4.4.1.4. Betonagem

A betonagem foi normalmente iniciada pela carlinga sobre o pilar e simultaneamente pelas duas nervuras até à laje do tabuleiro. Existiu a preocupação em encher as nervuras e a laje de modo simétrico de forma a distribuir a carga uniformemente ao longo da estrutura de suspensão.



Figura 28 - Betonagem de tabuleiro executado com viga de lançamento

2.4.4.1.5. Descofragem

A descofragem, iniciada imediatamente após a conclusão das operações de pré-esforço, tem início com o alívio das porcas do sistema de aperto dos painéis. Após o alívio das porcas a viga de lançamento é baixada em relação ao tabuleiro por ação dos macacos hidráulicos. Assim que a viga de lançamento se encontra em posição de descofragem são desligados os painéis de cofragem na sequência inversa da cofragem, i.e. são desligados em primeiro lugar o primeiro conjunto de moldes, retirados os varões de suspensão e abertura dos painéis com o auxílio do guincho.



Figura 29 – Vista superior do tabuleiro durante o avanço da viga de lançamento

2.4.4.2. Aplicação de pós esforço em tabuleiros

2.4.4.2.1. Introdução

Na generalidade dos casos estudados, a aplicação de pós-esforço careceu de um projeto específico, que teve por objetivo a adaptação do projeto de execução do viaduto ao sistema de pós-esforço selecionado pelo empreiteiro.

No caso em estudo foi utilizado o Sistema C Freyssinet representado em Portugal pela Armol – Freyssinet. Entre outras informações pertinentes o projeto de pós-esforço indica o valor da resistência à compressão mínima que o betão deve possuir para que seja aplicado o pós-esforço, os valores dos alongamentos teóricos dos cabos de tensionamento e as pressões que deverão ser verificadas no manómetro do macaco hidráulico na altura do esticamento e o reforço de armadura que tipicamente é necessário introduzir na zona das cabeças de ancoragem.

As operações de pós-esforço poderão ser divididas nas seguintes fases:

- Preparação dos trabalhos;
- Tensionamento;
- Selagem.



Figura 30 - Apoio traseiro da viga de lançamento

2.4.4.2.2. Preparação dos trabalhos

A preparação dos trabalhos consiste na colocação de bainhas, o posicionamento de ancoragens e dos dispositivos de injeção (purgas), no enfiamento de cabos e cravamento de machões. As bainhas são tipicamente colocadas sobre travincas de aço de forma a acompanhar o traçado do cabo indicado no projeto de execução. Na extremidade das bainhas são instaladas as cabeças de ancoragem e as tromplacas. O conjunto cabeça de ancoragem / tromplaca é o elemento responsável pela transmissão do pós-esforço ao betão pelo que é crítico que a sua fixação à cofragem se faça de modo correto. Nas bainhas são ainda instalados tubos de purga que servem as operações de injeção de calda de cimento que constitui a ultima fase da operação, a selagem.



Figura 31 - Viga de lançamento com a cofragem fechada

2.4.4.2.3. Tensionamento

As operações de tensionamento são antecedidas do ensaio à compressão dos provetes de betão retirados durante a betonagem. Este ensaio tem por objetivo aferir que o betão possui as características resistentes necessárias à aplicação do pós-esforço. O tensionamento é iniciado com o posicionamento

do macaco sobre a cabeça de ancoragem e o pré-tensionamento dos cabos de pós-esforço. Retiradas as folgas é então aplicada a tensão de pós-esforço definida em projeto.

2.4.4.2.4. Selagem

A proteção definitiva dos cabos de pré-esforço, também designada por selagem, é conseguida através da injeção das bainhas com calda de cimento. A anteceder as operações de injeção, é injetado ar comprimido no interior dos tubos de injeção para que sejam expulsos eventuais resíduos e água que eventualmente tenha condensado no interior da bainha. Nas operações de injeção é utilizada uma bomba com misturador acoplado. A calda de injeção é normalmente constituída por uma mistura de cimento e um adjuvante específico para a selagem de cabos de pós-esforço. A injeção é normalmente iniciada a partir de uma das extremidades do cabo sendo que nesta fase todas as purgas se encontram abertas. Quando a saída de calda ocorre num tubo purga, este é selado até a calda ocorrer na extremidade oposta. Com as operações de selagem são recolhidas amostras que posteriormente são sujeitas a ensaios de resistência à compressão. A selagem tem por finalidade proteger os cabos de pré-esforço de fenómenos de corrosão.

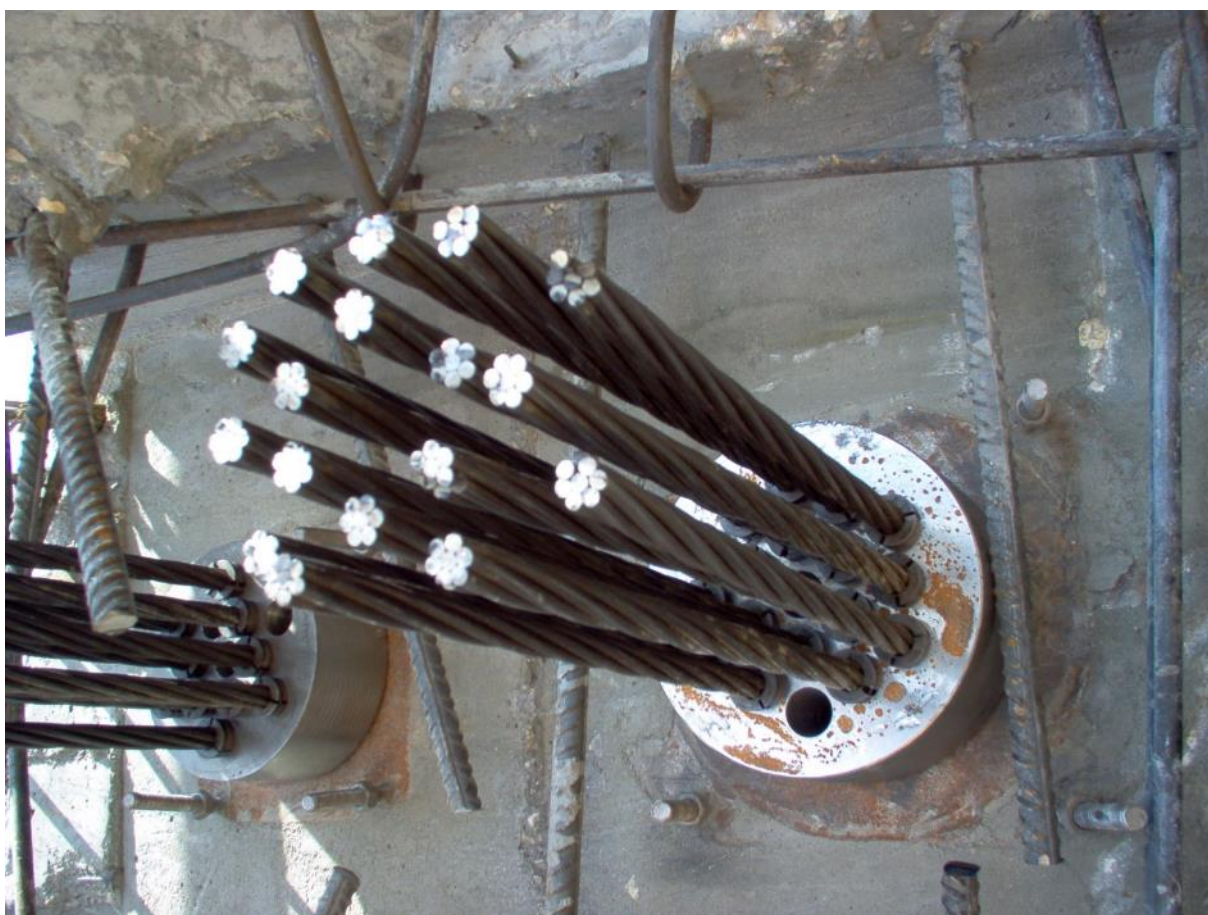


Figura 32 - Cabeça de ancoragem de pós-esforço após tensionamento

3

TEIXEIRA DUARTE, S.A.

3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Com a cessação da atividade na Construtora Abrantina, S.A. fomos admitidos na Teixeira Duarte S.A.. A Teixeira Duarte S.A. é um dos maiores grupos económicos portugueses. A construção o principal ramo de atuação do grupo sendo referência nas especialidades de geotecnia e a reabilitação, edificações, infraestrutura, metalomecânica, obras subterrâneas, obras ferroviárias e obras marítimas.

O grupo Teixeira Duarte S.A. iniciou a sua atividade em 1921. Em 1934 foi transformada em sociedade de quotas e em 1987 em sociedade anónima. Em 1998 a empresa entrou na bolsa de valores de Lisboa.

O grupo Teixeira Duarte tem à data do presente relatório cerca de 12.000 trabalhadores e opera em 17 países. Para além da construção e serviços relacionados com a construção o grupo desenvolve ainda atividade nas concessões e serviços, imobiliária, hotelaria, distribuição de produtos alimentares, na distribuição de combustíveis e no ramo automóvel. Para além do mercado Português, a empresa tem presença consolidada em Angola, Moçambique, Venezuela e na Argélia.

Do currículo da empresa fazem parte obras como a ponte Vasco da Gama, o edifício do El Corte Inglés em Lisboa, o edifício sede da Vodafone no Porto, o edifício sede da Caixa Geral de Depósitos em Lisboa, a A33 subconcessão rodoviária do baixo Tejo e a concessão rodoviária do Douro Litoral, entre inúmeros outros.

3.2. INTEGRAÇÃO NA EMPRESA

O autor iniciou a sua colaboração como engenheiro civil na Teixeira Duarte, Engenharia e Construções Lda. no dia 19 de Fevereiro de 2007, tendo nessa data sido colocado como adjunto do

diretor da obra na empreitada para a construção do edifício sede da Chevron em Luanda. Em Novembro de 2009, o autor assumiu as funções de diretor de obra na empreitada para a construção do hotel Baía em Luanda.

3.3. CASO DE ESTUDO: EDIFÍCIO SEDE DA CHEVRON EM LUANDA (ANGOLA)

3.3.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O edifício sede da Chevron em Angola está localizado na Praia do Bispo em Luanda e foi inaugurado no dia 26 de Novembro de 2010. O projeto teve por objetivo reunir num único edifício os trabalhadores da empresa norte americana de exploração petrolífera que até à data se encontravam distribuídos por diferentes escritórios dispersos na cidade de Luanda.



Figura 33 – Maquete do edifício sede da Chevron

O dono de obra foi a Chevron através da sua concessionária em Angola a Cabinda Gulf Oil Company Limited (CABOC). A fiscalização foi exercida pela Dar Al-Handasah Consultants, uma empresa

internacional de projeto e fiscalização com sede em Beirute no Líbano. O projeto de arquitetura é da autoria da Yost, Grube Hall Architecture P.C., uma empresa do estado norte-americano do Oregon com sede em Portland.

O valor de adjudicação da empreitada foi de 69.376.358,00 USD e o prazo para a conclusão dos trabalhos foi de 29 meses. A obra foi consignada em Fevereiro de 2007 e a concluída em Novembro de 2010.

O edifício é formado por dois blocos, ligados por uma ponte pedonal em vidro, e tem capacidade para albergar mais de 700 trabalhadores e 250 veículos em estacionamento enterrado. O bloco norte do edifício tem 7 pisos e o sul 3. No total o edifício estende-se ao longo de 236 m de comprimento, sobre uma área de implantação de 9.311 m² e possui uma área coberta total de 34.800 m² dos quais 19.400 m² acima do solo, destinados a escritórios, e 15.400 m² em duas caves, destinados a estacionamento e zonas técnicas.

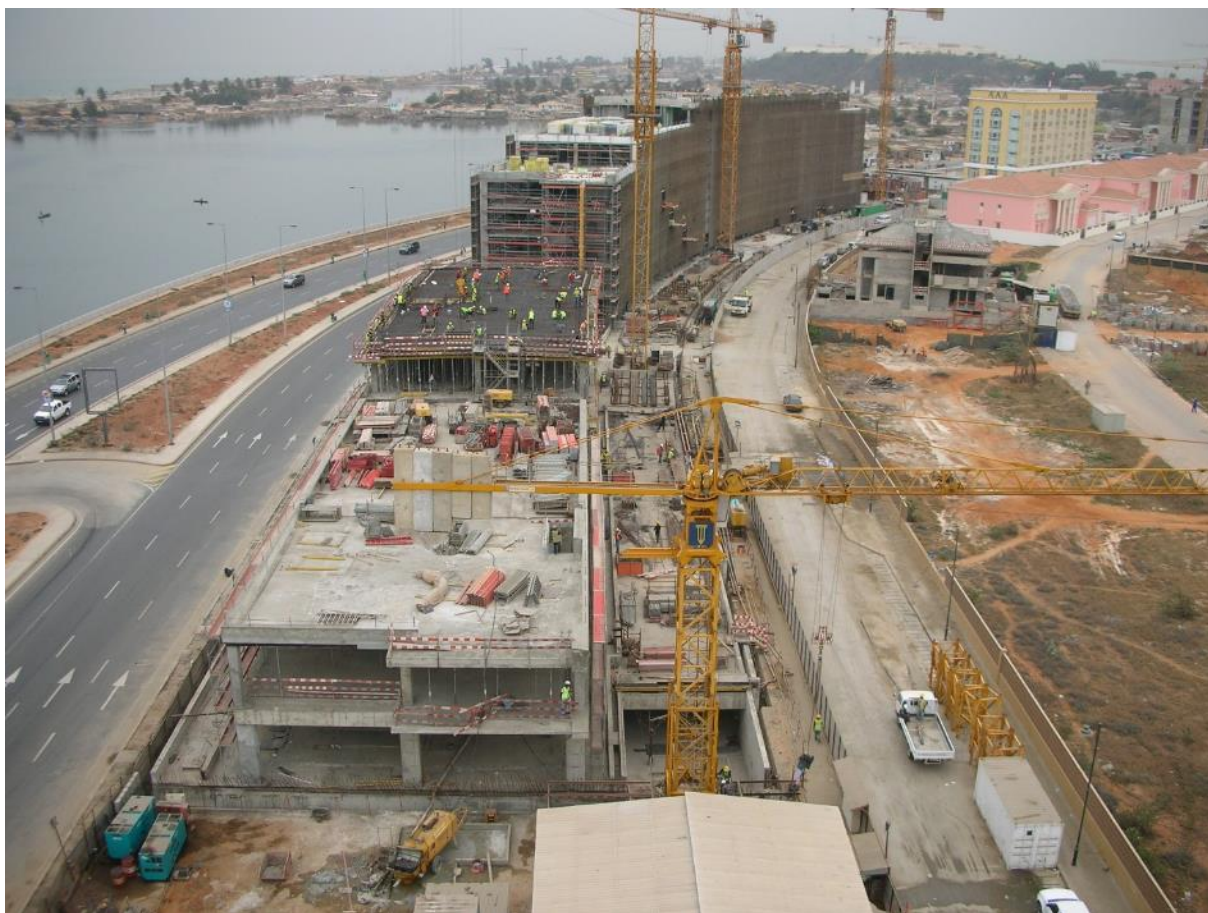


Figura 34 - Estaleiro do edifício sede da Chevron

A proximidade ao mar levou à necessidade da construção de uma parede moldada 12 metros de altura e 587 metros de desenvolvimento e à instalação de um sistema de rebaixamento do nível freático. O sistema de rebaixamento do nível freático incluiu 45 poços de bombagem que foram mantidos em

funcionamento 24 horas 7 dias por semana durante grande parte da duração do projeto. A fundação do edifício foi do tipo ensoleiramento geral ao qual se acrescentaram estacas para fazer face à pressão hidrostática do nível freático no edifício. A execução das fundações envolveu ainda a escavação e remoção de cerca de 56.000 m³ de solo.

A estrutura do edifício foi do tipo convencional em betão armado. Para a conclusão da estrutura, foi necessário o fornecimento de cerca de 40.000 m³ de betão e 4.000 toneladas de aço em varão.

Entre outros sistemas fornecidos com o edifício, destaca-se a fachada em alumínio, desenhada para resistir a explosões, o sistema de tratamento de água por osmose inversa e o sistema de geração elétrica constituído por 4 grupos geradores a gasóleo de 1.250 kVA de capacidade nominal cada.



Figura 35 – Instalação da fachada em alumínio no edifício sede da Chevron

3.3.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA

A política de gestão desenvolvida pela Teixeira Duarte assenta no princípio de que em cada uma das suas obras o diretor de obra tem a autoridade, e a correspondente responsabilidade, de conduzir e organizar empreitada do modo que considerar mais adequado para que sejam alcançados os objetivos

definidos pela empresa. Os objetivos passam necessariamente pela satisfação do cliente e pelo respeito dos compromissos assumidos, dando natural prioridade à segurança e à qualidade do trabalho.

O sucesso deste modelo de organização e funcionamento descentralizado, resulta do centro de decisão se localizar perto do produto final, a construção, permitindo a rápida atuação da equipa ou alteração de estratégia caso a situação o justifique.

Este modelo de gestão conduz porém a equipas de direção de obra mais numerosas, uma vez que a maioria dos recursos depende apenas do diretor de obra, e estando este normalmente alocado a apenas um projeto, torna difícil a partilha de recursos por outros projetos. Este problema, que não é significativo em projetos de grande dimensão, é uma desvantagem em projetos mais pequenos onde a partilha de recursos é imprescindível na garantia da competitividade.

A estrutura interna da empreitada em estudo é apresentada de seguida através do organograma funcional, seguindo-se uma breve descrição da função dos intervenientes:

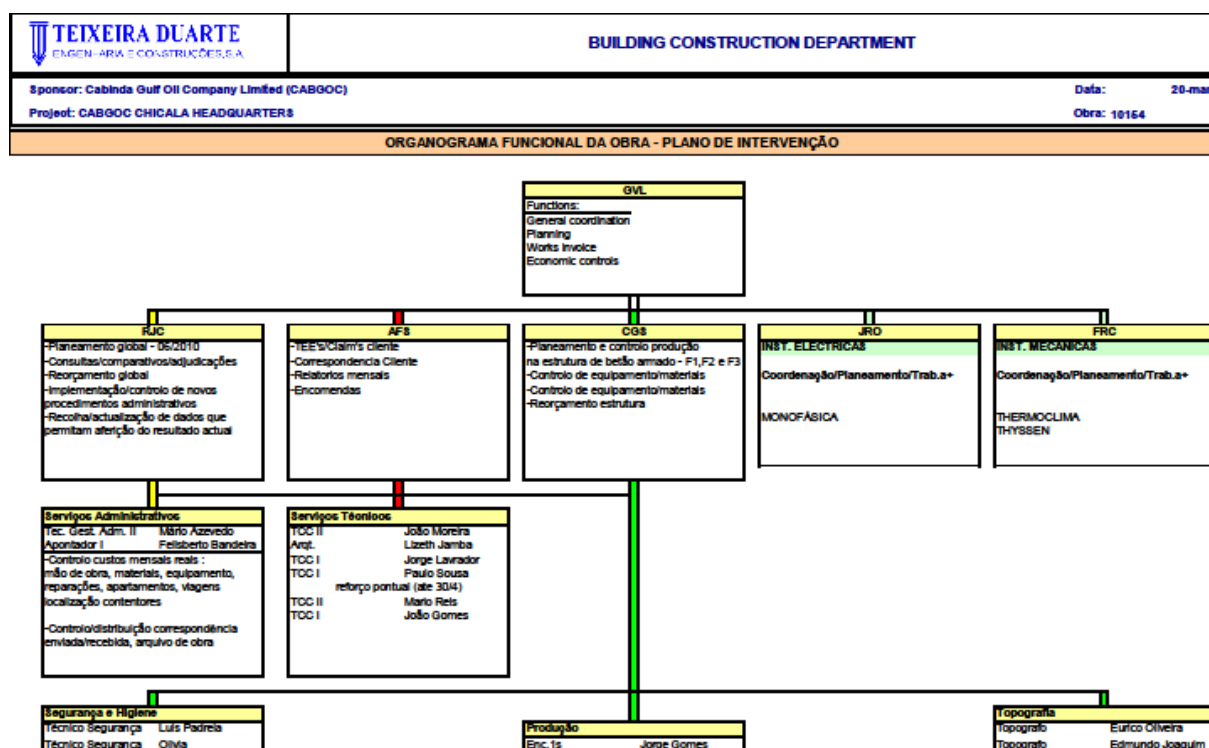


Figura 36 - Organograma funcional do caso de estudo edifício sede da Chevron

O diretor de obra tem a responsabilidade do planeamento global da empreitada e pela seleção dos meios necessários à sua execução. O controlo e gestão dos recursos encontram-se a seu cargo sendo que é igualmente da sua responsabilidade a seleção dos processos de trabalho e o registo das alterações no projeto bem como das condições de execução e eventuais condicionalismos que possam ter ocorrido no decurso da empreitada.

A equipa da produção, normalmente liderada por um encarregado geral, é responsável pelo planeamento a curto e médio prazo e pela distribuição dos meios de produção nas diversas atividades em curso. É também da responsabilidade do encarregado coordenar as atividades dos subempreiteiros e trabalhadores independentes que operam no estaleiro. Cabe à equipa de produção a coordenação e o controlo da aplicação dos métodos de trabalho.

Incluem-se nos serviços técnicos os medidores, desenhadores e preparadores responsáveis pela preparação técnica do projeto de execução para a produção.

Os serviços administrativos, que incluem o secretariado, receção, economato e arquivo geral procedem ao controlo normativo dos subempreiteiros e dos trabalhadores em obra. Com alguma frequência, a gestão do armazém é adicionada às responsabilidades dos serviços administrativos que assim ficam também responsáveis pela receção e armazenagem de materiais e fornecimentos bem como do tratamento administrativo da documentação associada.

A direção de obra conta ainda com o apoio de um técnico de segurança que entre outras, desenvolver atividades de prevenção e de proteção contra os riscos profissionais e ministra ações de formação nas regras e princípios de segurança.



Figura 37 - Ação de sensibilização para a segurança

3.3.3. LOGÍSTICA DOS APROVISIONAMENTOS

A construção em Angola apresenta muitos desafios sendo a logística dos aprovisionamentos um deles. Dada a escassez do mercado local, frequentemente as construtoras recorrem à importação de materiais e equipamentos. O procedimento de importação adotado requereu o apoio da estrutura central da empresa quer em Portugal quer em Angola, e traduziu-se no seguinte:

A equipa da obra emite um pedido de compra no sistema informático de aprovisionamentos.

O pedido de compra é recebido na direção geral de aprovisionamentos em Portugal que procede à consulta do mercado, à seleção da melhor proposta e à adjudicação do fornecimento.

Os materiais são fornecidos nas instalações do transitário contratado para o efeito. É da responsabilidade do transitário conferir a encomenda, embalar a carga para expedição marítima, carregar a carga no interior de um contentor e emitir o respetivo *packing list*. O *packing list* é o documento que descreve individualmente os volumes das embalagens de transporte, indicando seus respetivos conteúdos, pesos líquidos e bruto e dimensões.

Dada a falta de capacidade das suas alfândegas, em Angola é obrigatória a inspeção pré-embarque da generalidade das mercadorias importadas. A inspeção pré-embarque, que requer a contratação de um agente devidamente autorizado pela alfândega, é efetuada na altura do fecho e selagem do contentor.

Para além do *packing list* e do certificado de inspeção pré-embarque, o processo de importação para Angola carece ainda da fatura comercial, sobre a qual serão calculadas as taxas aduaneiras, o despacho alfandegário e o licenciamento do conteúdo do contentor junto do Ministério do Comércio Angolano.

O transporte marítimo Setúbal ou Leixões para Luanda tem, em condições normais, a duração de cerca de duas semanas. Frequentemente o porto de Luanda encontrou-se congestionado, pelo que os navios permaneceram em fila de espera, atrasando a descarga geralmente em quatro semanas.

No desalfandegamento, ainda que se tenha procedido à inspeção pré embarque e ao prévio licenciamento do contentor da importação, foi frequente o atraso de 4 semanas.

Concluído o desalfandegamento os contentores seguiram para o estaleiro central da empresa onde os contentores foram abertos e os materiais e equipamentos descarregados e conferidos.

A morosidade de todo este processo colocou desafios adicionais ao planeamento da empreitada. O controlo do consumo dos materiais importados foi sujeito a uma atenta monitorização dado que qualquer rutura de estoque tinha o potencial de atrasar o andamento da empreitada em várias semanas.

3.3.4. HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Os princípios da higiene e segurança no trabalho foram reunidos no Plano Segurança e Saúde (PSS). O PSS reúne um conjunto de informação considerada relevante para a redução do risco da ocorrência de acidentes de trabalho e para a proteção da saúde dos trabalhadores durante a fase de construção da obra.

O PSS, elaborado com base no projeto de execução e no contrato da empreitada, procurou em primeira instância detetar atividades que a ocorrer em simultâneo no interior do estaleiro ou na sua proximidade possam constitui um risco de segurança. Para o efeito foram analisados os processos e métodos construtivos nomeadamente os equipamentos, materiais e produtos utilizados e a programação dos trabalhos, em particular o âmbito da intervenção dos subempreiteiros e dos trabalhadores independentes.

Identificados os riscos, foi transcrito para o PSS um conjunto de medidas específicas que permitiram a minimização a ocorrência de acidentes.

No PSS foi ainda especial atenção ao estaleiro, nomeadamente no planeamento dos acessos e circulações no seu interior de modo a facilitar a movimentação e armazenamento de materiais, produtos e equipamentos e simultaneamente proteger os trabalhadores de acidentes de trabalho. Através do PSS, o estaleiro foi ainda dotado de um sistema de emergência, que incluiu protocolos para o controlo e combate a incêndios e de socorro e evacuação de trabalhadores em caso de acidente.

De igual modo, foi dado especial destaque à informação e formação dos trabalhadores, uma vez que a maioria da mão-de-obra utilizada não tinha qualquer experiencia nas práticas de construção modernas utilizadas na execução do edifício ou na utilização dos equipamentos de proteção individual e coletiva que lhes foram facultados.

O PSS foi comunicado a todos os trabalhadores da empreitada incluindo subempreiteiros, diretos e sequentes, e a todos os trabalhadores independentes. De cumprimento obrigatório, exigiu-se o cumprimento das regras definidas, bem como o de o fazer cumprir. Qualquer trabalhador da empreitada tinha a autoridade de parar o trabalho caso detetasse uma situação que considerasse insegura.

A adoção de uma metodologia de envolvimento dos trabalhadores, premiando uma consciência de segurança e recolhendo e implementando as sugestões recebidas diretamente dos trabalhadores, permitiu que fosse alcançado um milhão de horas de trabalho sem acidentes.

3.3.5. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

3.3.5.1. Execução de paredes moldadas contra o terreno

3.3.5.2. Introdução

Na escavação das caves do edifício foi utilizada a técnica das paredes moldadas. As paredes moldadas são elementos de contenção em betão armado, betonadas contra o terreno com recurso a lamas bentoníticas, e que permitem conter as paredes da escavação durante a fase de execução. As paredes moldadas são utilizadas em terrenos de fraca coesão onde o nível freático é elevado. As paredes moldadas, constituídas normalmente por painéis contínuos, profundos e de espessura considerável (superior a 40 cm), destacam-se pela sua rigidez e estanquidade, e são utilizadas principalmente na escavação em centros urbanos.

A empreitada em estudo compreendeu a execução de uma parede moldada com 12 metros de altura, 50 cm de espessura e 587 metros de desenvolvimento. A parede moldada inclui ainda a execução de ancoragens provisórias de estabilização.

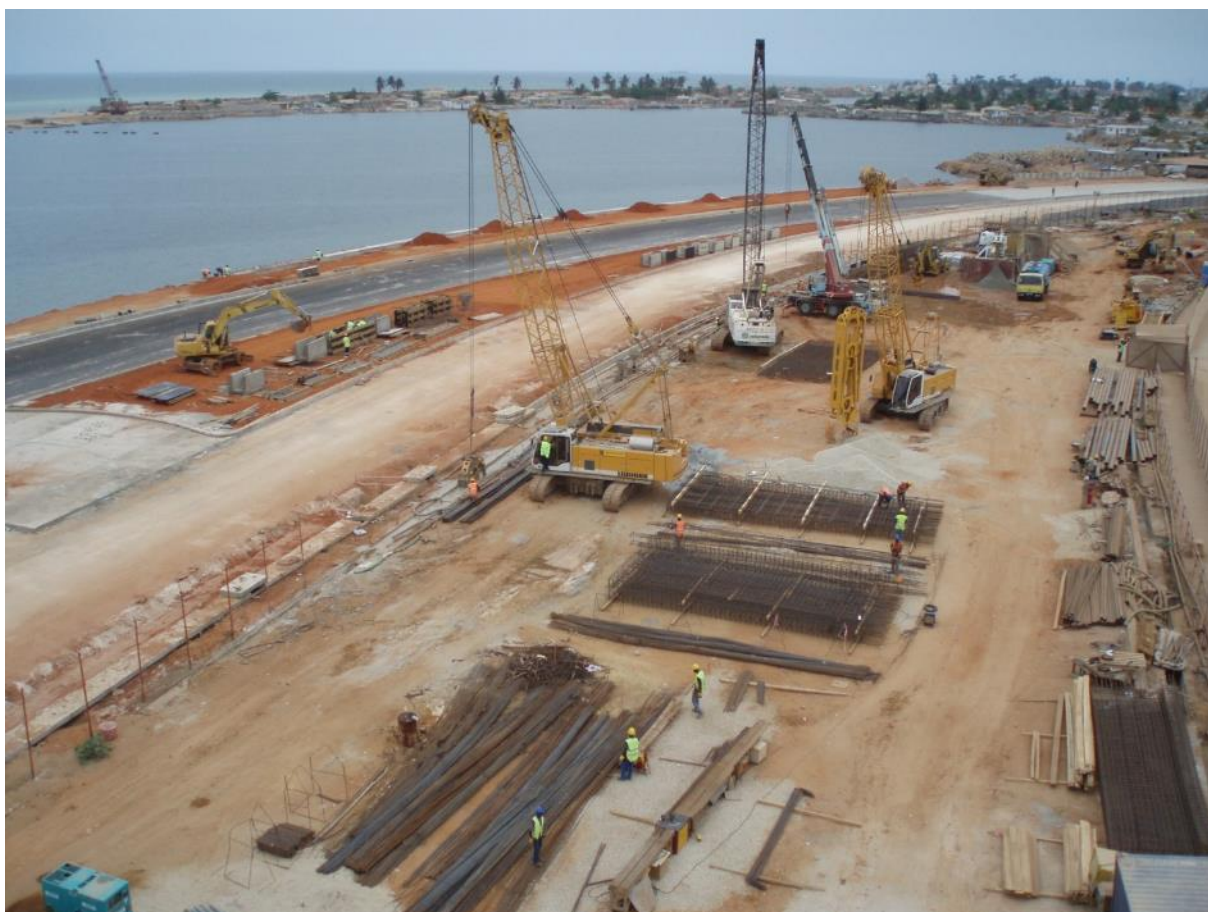


Figura 38 – Vista geral do equipamento utilizado na construção da parede moldada

Na execução das paredes moldadas foram utilizados um conjunto de equipamentos específicos dos quais de destacam:

- Tanques de armazenamento e fabrico das lamas de estabilização;
- Desareneadora utilizada na reciclagem de lamas de estabilização;
- Baldes de maxilas;
- Grua de lagartas;
- Tubos *trémie* utilizados na betonagem dos painéis;
- Escavadora de perfuração para a execução de ancoragens.



Figura 39 - Escavadora equipada com vara Kelly (e balde de maxilas)

A execução de paredes moldadas compreendeu as seguintes fases que se descrevem de seguida:

- Trabalhos preparatórios;
- Construção dos muros-guia;
- Escavação (através da utilização de baldes maxila);
- Preparação e colocação das armaduras;
- Betonagem;
- Execução da viga de coroamento;
- Escavação;
- Ancoragens e escoras.

3.3.5.3. Trabalhos preparatórios

No caso em estudo o local dos trabalhos foi em primeiro lugar aterrado, uma vez que o nível freático era de tal forma elevado que em dias de maré alta a água era aparente à superfície.

Após o nivelamento da plataforma de trabalho, procedeu-se então ao transporte e montagem do equipamento, do qual se destaca a montagem da central de fabrico e reciclagem das lamaz bentoníticas, constituída pelos tanques de mistura que necessitaram de uma fundação em betão armado, da central de desareamento e reciclagem e das diversas bombas e tubagens utilizadas na circulação das lamaz.

As lamaz bentoníticas tem por principal função a estabilização das paredes da escavação e manter os detritos da escavação em suspensão. Na empreitada em estudo foram utilizadas lamaz fabricadas a partir de bentonite em pó. A escolha deste tipo de lamaz teve por base a sua fácil substituição pelo betão e por permitir bombagem e reutilização.

O início dos trabalhos de contenção foi ainda precedido da demolição de um coletor de águas pluviais encontrado durante os trabalhos de montagem de estaleiro.

3.3.5.4. Construção dos muros-guia Numeração sequencial

Os muros guia são estruturas provisórias em betão armado que tem por finalidade guiar o equipamento de escavação e criar uma zona de oscilação do nível do fluido estabilizador. Durante a betonagem o muro guia serve ainda de suporte às armaduras e aos tubos trémie.



Figura 40 – Construção dos muros guia utilizados na construção da parede moldada

Os muros guia, foram betonados contra o terreno sendo cofrados em apenas na face interior. A espessura dos muros construídos foi de cerca de 0,20 m e a altura 1,0 m. O afastamento dos muros foi aa espessura da parede moldada (50 cm) ao qual se acresceu 5 cm de folga.

3.3.5.5. Escavação (através da utilização de baldes maxila)

Na escavação foi utilizada uma grua de lagartas equipada com um balde de maxilas suspenso. A escavação foi efeituada em troços alternados com 2,5 m de largura. A escavação com recurso a baldes

de maxilas é efetuada através da introdução do balde aberto na vala, sendo fechado no seu interior e retirado, trazendo consigo uma mistura de solo e lama.

À medida que a escavação avança é introduzida lamas betonítica na vala de forma a repor a lama retirada pelo balde. São as características tixotrópicas das lamas e a formação do *cake* na superfície em contacto com o terreno que impede o colapso das paredes da escavação.



Figura 41 – Balde de maxilas suspenso numa grua de lagartas

3.3.5.6. Preparação e colocação das armaduras

As armaduras são previamente montadas no estaleiro em troços compatíveis com o equipamento de elevação utilizado. Junto com as armaduras são instalados os negativos metálicos para posterior execução das ancoragens.

A anteceder a colocação das armaduras, e caso o painel a betonar seja um painel “fêmea”, são introduzidos nas extremidades os chamados tubos junta. Estes tubos funcionam como cofragem e têm por finalidade a criação de um “dente” que melhora a estanquidade da junta da parede.

As armaduras são introduzidas na vala com o auxílio da grua e é simultâneo são fixos os espaçadores.



Figura 42 – Colocação das armaduras na escavação da parede moldada

3.3.5.7. Betonagem

A betonagem é efetuada com recurso a colunas de betonagem também denominadas de tubos trémie. O trémie é um tubo metálico constituído por troços desmontáveis e encabeçado por um funil. O tubo é mergulhado no interior do betão e à medida que a betonagem prossegue são retirados troços. De referir que na execução de paredes moldadas o betão não é vibrado pois a vibração iria interferir no comportamento das lamas podendo provocar o colapso da escavação. A compactação do betão é efetuada pelos movimentos do tubo trémie e pelo peso próprio. Assim que o betão ganha alguma consistência são retirados os tubos guia.



Figura 43 – Betonagem da parede moldada com recuso ao tubo trémie

3.3.5.8. Execução da viga de coroamento;

O topo das paredes executadas através deste método é demolido por se encontrar contaminado com lamas, terreno e água que se acumula à superfície. Após a demolição do topo, normalmente executada com recurso a martelos pneumáticos é construída a vida de coroamento que tem por função solidarizar todos os painéis para que trabalhem como um todo.

Na construção das vigas de coroamento os varões da parede moldada são empalmados na armadura da viga e a cofragem escorada contra o terreno.

3.3.5.9. Escavação

A escavação foi executada com recurso a escavadoras giratórias sendo que cada fase correspondeu a um nível de ancoragem ou escoramento caso se trata-se de um canto.

3.3.5.10. Ancoragens e escoras

As escoras são perfis metálicos fixos nos painéis de canto e são uma solução económica em alternativa à execução de ancoragens.

Na execução das ancoragens foi utilizada uma escavadora de perfuração através de roto-percussão com varas e bit. De seguida foram introduzidos cabos e injetado o bolbo de selagem através de um tubo plástico com manchetes. Após a cura do bolbo de selagem, é aplicado pós-esforço utilizando para o efeito um macaco hidráulico.



Figura 44 – Furação de ancoragens por roto-precursão

À medida que a estrutura do edifício foi sendo contruída no interior da contensão foram sendo retirados os contraventamentos e descativadas as ancoragens. A descativação das ancoragens os cordões são puxados com recurso a um macaco hidráulico e retiradas as cunhas que os fixavam às cabeças de ancoragem.

3.3.5.11. Impermeabilização de paredes em pisos enterrados

Entre a parede moldada e a parede dos pisos enterrados foi instalado um sistema de impermeabilização em tela de borracha EPDM. As membranas de borracha EPDM são telas fabricadas de Etileno Propileno Dieno Misturado com carbono. A borracha é vulcanizada em grandes mantas o que reduz o número de juntas e consequentemente o tempo de instalação. A tela EPDM possui uma elevada elasticidade, o que lhe permite acomodar eventuais assentamentos do edifício sem se romper.

As paredes a revestir com EPDM foram regularizadas de modo a serem removidas quaisquer superfícies cortantes que danificassem a tela. Sobre a parede foi instalada uma tela em tecido geotêxtil que teve por finalidade proteger a tela de eventuais perfurações. As juntas da tela EPDM são coladas utilizando um produto próprio para o efeito. Sobre a tela EPDM foi instalada uma outra de espuma de polietileno com a função de proteger a primeira na montagem das armaduras e betonagem da parede interior das caves. Nas juntas de betonagem das paredes da cave foram ainda instaladas juntas *waterstop* em PVC.



Figura 45 - Parede impermeabilizada com tela EPDM

3.4. CASO DE ESTUDO: HOTEL BAÍA EM LUANDA (ANGOLA)

3.4.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O hotel Baía está localizado na Praia do Bispo em Luanda e foi inaugurado no mês de Julho de 2011. O hotel pertence à cadeia de hotéis TD Hotels, empresa do grupo Teixeira Duarte, que detém outros dois hotéis na capital Angolana, o hotel Trópico e o hotel Alvalade. O grupo TD Hotels gere 11 unidades hoteleiras, cinco em Portugal, três em Angola e três em Moçambique.

O dono de obra foi a TD Imobiliária através da sua concessionária constituída para o efeito a Urbango – Gestão Imobiliária, Lda. A fiscalização foi exercida pela própria TD Imobiliária e o projeto de arquitetura é da autoria da Perkins + Will, Inc., uma empresa internacional de arquitetura com origem no estado do Illinois nos Estados Unidos. O projeto de arquitetura contou ainda com a colaboração do gabinete de arquitetura Português K-Arquitetura Lda.

O valor de adjudicação da empreitada foi de 28.384.615,38 € e o prazo de conclusão foi de 14 meses. A adjudicação corresponde apenas aos acabamentos do edifício, uma vez que as fundações e a estrutura em betão armado já se encontravam concluídas. A obra teve início em Novembro de 2011.



Figura 46 - Fachada principal do hotel Baía em Luanda

O hotel encontra-se instalado num edifício com 8 pisos e 3 caves e conta com 144 quartos dos quais 6 são *suites*. Concebido como hotel de quatro estrelas, a empreitada de construção incluiu ainda a construção de uma cozinha industrial de apoio ao restaurante, dois bares, um ginásio, um SPA, uma piscina, três salas de conferências e um estacionamento coberto para 50 automóveis ligeiros. A área de total de construção foi cerca de 13.000 m² dos quais 9.200 m² acima do solo e 3.800 m² abaixo do solo.

A construção do hotel compreendeu ainda a instalação de um sistema de geração de energia constituído por 2 grupos geradores a gasóleo de 900 kVA de capacidade nominal cada, um sistema de tratamento de água, uma miniestação de tratamento de águas residuais, um sistema de caldeiras a gasóleo para aquecimento de águas sanitárias, 4 elevadores, 1 monta-cargas e 1 monta-pratos e um sistema de ar condicionado que incluiu a instalação de três *chillers* elétricos arrefecidos a ar para a produção de água fria.



Figura 47 - Quarto acabado do hotel Baía em Luanda

No que respeita aos acabamentos, destaca-se os 10.000 m² de revestimento de paredes com papel, os cerca de 4.000 m² de revestimento de pavimentos com alcatifas, a construção de cerca de 4.000 m² de fachada ventilada em painéis compósitos de alumínio e o revestimento de 2.500 m² de paredes com painéis de madeira.

3.4.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA

Na construção do hotel Baía foi adotada uma organização semelhante à do edifício sede da Chevron descrita no capítulo anterior, sendo que nesta empreitada o autor desempenhou funções de diretor de obra. O organograma funcional da empreitada para a construção do hotel Baía foi o seguinte:

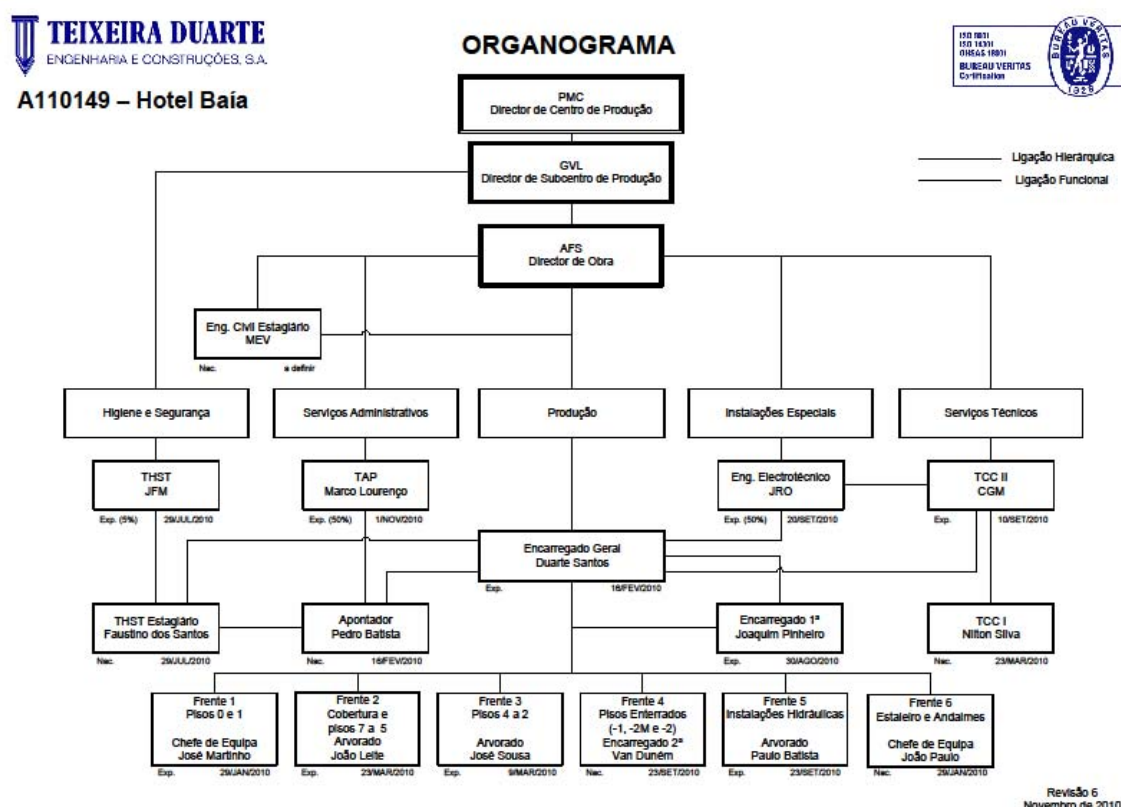


Figura 48 - Organograma funcional do caso de estudo hotel Baía

Entre outras, o diretor de obra teve como responsabilidades a orçamentação, planeamento e preparação técnica do trabalho. A organização geral administrativa estava também a seu cargo mas contou com a colaboração dos adjuntos, técnicos, preparadores, apontadores, etc. mencionados no organograma apresentado acima.

A organização do trabalho e das frentes de obra foi feita com a colaboração de um encarregado geral que por sua vez era apoiado por um conjunto de encarregados distribuídos pelas diversas frentes.

As alterações ao projeto inicial foram várias pelo que os desafios da preparação técnica dos trabalhos requereram a atualização em permanência do projeto de execução.

3.4.3. GESTÃO DOS TRABALHOS A MAIS E A MENOS

A gestão dos trabalhos a mais e a menos é um desafio quer para o representante do cliente quer para a direção de obra. A gestão dos trabalhos a mais e a menos requer não só conhecimentos técnicos, nas tecnologias envolvidas no processo de construção de construção, mas também conhecimentos legais e de gestão, nomeadamente conhecimento das leis que gerem a construção e os contratos. A gestão dos trabalhos a mais e a menos requer ainda competências da área comercial, nomeadamente técnicas de vendas e negociação de preços.

Os trabalhos a mais e a menos têm normalmente origem em pedidos de alteração do projeto por parte do cliente. Os pedidos de alteração eram recebidos via correio eletrónico ou em reuniões de obra sendo registados nas respetivas atas.

As alterações introduzidas eram então analisadas de forma a estimar o seu custo, que se dividem geralmente em material, mão-de-obra, equipamento e diversos.



Figura 49 – Mini ETAR instalada no hotel Baía

A análise do impacto das alterações nem sempre foi óbvia, uma vez que a construção envolveu o trabalho simultâneo de várias frentes, e existiram casos em que a alteração de uma atividade de uma das frentes teve efeito inesperado noutra frente, que inicialmente se pensava não estar relacionada. É

exemplo, a alteração da infraestrutura necessária à instalação do equipamento de CCTV, que por necessitar de caminhos de cabos embebidos nas paredes, produziu um atraso no revestimento de paredes.

O rendimento dos equipamentos de construção também pode sofrer o impacto de uma alteração que à partida não era esperada. Os equipamentos de apoio à produção são condicionantes importantes do plano de trabalhos e a sua rentabilidade pressupõe que um conjunto de atividades se encontra a decorrer em simultâneo em determinado momento. Na eventualidade de alteração, pode-se dar o caso em que o equipamento permanece por uma maior período de tempo na empreitada alterando o rendimento previsto inicialmente e o preço da atividade.

Os pedidos de alterações, se efetuados tardiamente, conduzem inevitavelmente à reprogramação dos trabalhos, e à necessidade de rever desenhos de preparação, encomendas e outros documentos, ocupando a equipa de apoio à empreitada por um período superior ao orçamentado.

Estes custos foram por vezes difícil de fazer entender ao cliente e constituíram um dos grandes desafios da gestão dos trabalhos a mais.

3.4.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

3.4.4.1. Isolamento acústico

O padrão de qualidade estabelecido para o hotel (quatro estrelas) conduziu a que se tenham definidas soluções construtivas que beneficiassem o conforto acústico, em particular na constituição das divisórias entre quartos do hotel.

As paredes de separação entre os quartos do hotel foram executadas em bloco de betão prefabricado com 20 cm de espessura, rebocados em ambas as faces com 1,5 cm de argamassa de cimento e 1,0 cm de massa de estuque. Esta configuração permitiu a construção de uma parede com 25 cm de espessura total e uma massa superficial de cerca de 530kg/m² a que corresponde um índice de atenuação sonora nominal de aproximadamente 53dB.

Na porta de acesso aos quartos foram instaladas portas de madeira maciça com 44mm de espessura e isolamento sonoro nominal mínimo de cerca de 35dB. As portas receberam ainda um perfil de selagem por compressão em todo o contorno e um sistema de barra de fechamento inferior.

O isolamento dos sons de percussão no pavimento foi feito através da utilização generalizada de alcatifas as quais foram assentes sobre uma tela de neopreno nas circulações das zonas dos quartos e no piso dos quartos,

Nas instalações sanitárias onde o revestimento de pavimento era rígido, foram contruídas lajetas em betão armado com 5 cm de espessura construídas sobre uma manta resiliente com 5 mm de espessura.

Na fachada dos quartos, foram instalados panos de vidro duplo com 22mm de espessura e três cortinados que se estimam garantir um índice nominal de redução acústica da ordem dos 36dB.

Nas instalações sanitárias foram evitadas as ligações rígidas das tubagens à estrutura do edifício, e utilizado o sistema *Silent* da Geberit.

Sobre os quartos do último piso, onde se encontra a piscina, o ginásio, um bar, uma sala polivalente e a zona técnica foram instaladas lâminas resilientes sobre betonilha armada criando um pavimento flutuante. Para reforçar o isolamento dos tetos falsos dos quartos do último piso foram acrescentados painéis em lã de rocha com 10 cm de espessura.

Os *chillers* elétricos do sistema de AVAC instalados sobre os quartos do último piso, foram instalados sobre apoios antivibráticos especificamente dimensionados para o projeto. As unidades de tratamento de ar e os restantes equipamentos suscetíveis de produzirem vibrações na estrutura foram instalados sobre maciços isolados da estrutura com mantas resilientes.

3.4.4.2. Revestimento de fachadas com painéis compósitos de alumínio

No revestimento exterior do edifício foi aplicada uma fachada ventilada em que se utilizaram painéis compósitos de alumínio da marca *Alucobond*. Entre outras vantagens, o sistema de fachada ventilada permitiu adicionar ao edifício um elemento adicional de isolamento térmico, bem como proporcionar uma solução estética que se queria moderna e contemporânea.

A principal característica de uma fachada ventilada é a do material de revestimento se encontrar afastado da parede do edifício criando uma caixa-de-ar que, por força do efeito chaminé, reduz a temperatura a temperatura superficial do paramento exterior da parede.

O adjetivo “ventilada” resulta da ventilação natural proporcionada pelo efeito chaminé, em que o ar quente no interior da caixa-de-ar sobe naturalmente pelo interior desta criando um efeito de sucção na base que permite a entrada de ar mais fresco. A circulação de ar frio no interior da caixa-de-ar conduz a um arrefecimento da superfície do paramento interior e em simultâneo evita fenómenos de condensação.

De um modo geral, pode dizer-se que as vantagens deste sistema são de ordem estética mas também funcional uma vez que constituem uma forma de isolante térmico e acústico e contribuem para

diminuir problemas relacionados fenômenos de concentração de humidades e infiltrações. O sistema de revestimento de fachadas *Alucobond* caracteriza-se ainda pela quase ausência de manutenção.

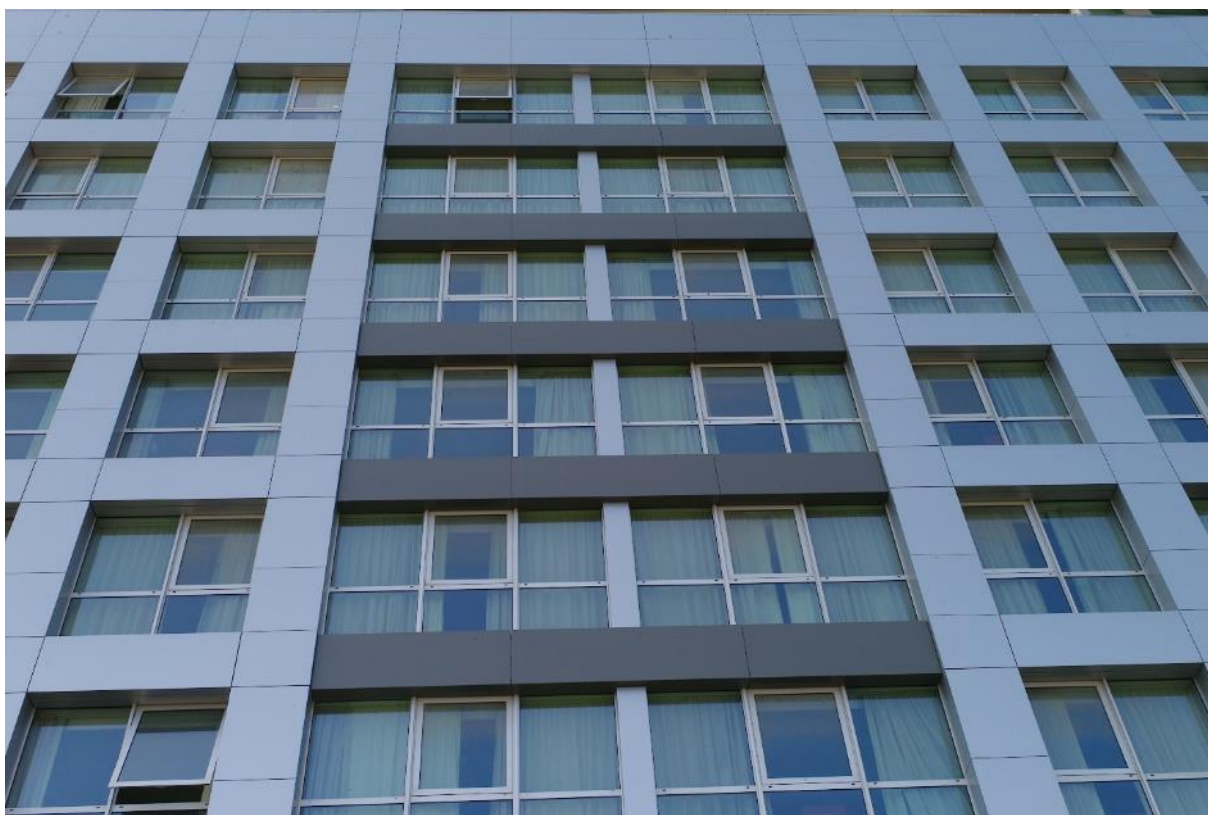


Figura 50 - Fachada principal do hotel revestida com painéis compósitos de alumínio

A fachada ventilada permitiu ao hotel reduzir os custos de arrefecimento e controlo da humidade interior, que constituem uma parte não negligenciável dos custos de operação, principalmente se atendermos ao facto do hotel se encontrar instalado num país de clima tropical.

O sistema adotado teve ainda a vantagem de permitir uma instalação rápida e não interferir com as atividades de acabamento que se encontravam a decorrer em simultâneo no interior do hotel.

A escolha da marca *Alucobond* teve por base critérios estéticos existindo na altura no mercado outras marcas com produtos idênticos e mais económicos. O nome *Alucobond* resulta do jogo de palavras *co*, a designação técnica deste material (material composto de alumínio) que na língua inglesa se traduz em *Aluminum Composite Material* (ACM).

O *Alucobond* é um material composto por 2 chapas de alumínio finas e um núcleo central de polietileno de baixa densidade unidos sob pressão e a temperatura elevada.

Os elementos principais da construção de uma fachada ventilada é o material de revestimento exterior, a caixa-de-ar e o sistema de fixação.

O revestimento exterior, tem grande impacte estético e tem a função de proteger a parede do edifício. No caso em estudo foram utilizados painéis compósitos em alumínio da marca *Alucobond* com 4 mm de espessura.

A câmara-de-ar, necessária à ventilação natural da parede, e que no caso em estudo foi de 5 cm;

A estrutura de fixação sobre a qual é aplicado o revestimento, que no caso em estudo consistiu em calhas da mesma marca dos painéis de revestimento fabricadas em aço inox.



Figura 51- Fachada tardoz do hotel revestida com painéis compósitos de alumínio

A fachada ventilada foi aplicada sobre paredes duplas de blocos de betão prefabricados em que o interior foi preenchido por uma placa de poliestireno extrudido com 50 mm de espessura. A superfície exterior da parede foi rebocada e protegida com betume (*flintcoat*). A constituição da parede em pano duplo, o preenchimento da caixa-de-ar com material isolante e o revestimento exterior com betume tiveram como motivação o isolamento térmico do edifício e a prevenção dos efeitos de eventuais condensações que pudessem ocorrer à superfície. A utilização de aço inox na estrutura de suporte de fachada teve por motivação a maior garantia que este material oferece no aparecimento de fenómenos de corrosão.

A fachada ventilada foi fixa ao paramento exterior por intermédio de fixações ocultas. A escolha por fixações ocultas deveu-se unicamente a critérios estéticos.

No sistema oculto, os encaixes de fixação do painel de revestimento não são visíveis do exterior. No caso da fachada ventilada em estudo, os encaixes foram colados no interior dos painéis. Estes encaixes foram por sua vez fixos a perfis de alumínio que por sua vez se fixaram ao perfil horizontal em alumínio fixo previamente ao pano exterior de revestimento do edifício.

O sistema de perfis e barras em aço inox garantem ao sistema da fachada a rigidez necessária para fazer face à ação do vento, que no caso em estudo tinha teve especial importância por este se encontrar na primeira linha de edifícios junto do mar. O peso próprio do sistema, estimado em cerca de 6 kg/m², permitiu que fosse instalado sem se ter de proceder a quaisquer reforços na estrutura, facto que contribuiu para a economia e rapidez de execução da empreitada.



Figura 52 - Estrutura de fixação do sistema de revestimento ao paramento exterior do edifício

4 JACOBSEN ELEKTRO, AS

4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Após 5 anos de atividade profissional em Angola, o autor, determinado em conhecer novos mercados e outras experiências, decide candidatar-se a responsável pelos trabalhos de construção civil numa pequena empresa de gestão de projetos na Noruega, a Jacobsen Elektro. A Jacobsen Elektro é uma das mais antigas empresas de componentes elétricos da Noruega. Fundada em 1891, a empresa constrói e opera centrais de produção de energia elétrica e subestações de distribuição de eletricidade. A maioria dos projetos desenvolvidos pela Jacobsen Elektro são do tipo conceção execução sendo ainda de destacar as competências da empresa ao nível do financiamento de projetos (*project finance*).

A empresa desenvolve ainda projetos de parceria pública ou privada (PPP) nomeadamente através de acordos em que assume o papel de produtor independente de energia, designados de *Independent Power Producer (IPP) agreements* na língua inglesa.

A Jacobsen Elektro é hoje uma empresa internacional com projetos concluídos na europa de leste, africa e asia. Na história recente da empresa somam-se projetos no Uganda, Serra Leoa, Tanzânia, Gana, Moçambique, entre outros. A empresa desenvolve ainda projetos na noruega, assumindo o papel de empreiteiro geral na construção ou ampliação de subestações de distribuição elétrica, e presta serviços de consultadoria e manutenção às empresas que gerem a produção e distribuição de eletricidade na Noruega.

A história recente da empresa inclui projetos como a central térmica do Ubungo (Tanzânia) de 100MW de capacidade, a construção de 23 subestações de transformação 34.5kV/11kV no Gana, a central térmica de produção de energia elétrica na Serra Leoa de 16MW de capacidade e a construção de uma linha de transmissão com 122 km em Moçambique com 110MW de capacidade de transporte.

A empresa fatura anualmente o equivalente a 100 milhões de euros e possui cerca de 70 empregados. Parte do grupo de empresas de que a Jacobsen Elektro faz parte pertence ainda a Jarlsø, que

desenvolve atividade na conceção e construção de torres para a indústria das telecomunicações móveis, e a Jelcem que se dedica ao fabrico de betão pronto.

4.2. INTEGRAÇÃO NA EMPRESA

O autor iniciou a sua colaboração como engenheiro civil na Jacobsen Elektro no dia 2 de Maio de 2012, tendo sido colocado na equipa de gestão de projetos.

Na equipa de gestão de projetos, o autor dedica-se às disciplinas de construção civil, que entre outras incluem os trabalhos de movimentação de terras, fundações, construção de infraestrutura enterrada e edifícios e à disciplina de construção mecânica, que inclui as estruturas de transmissão, suportes metálicos para equipamentos, etc.

O autor colabora ainda na elaboração de orçamentos e estudos de viabilidade e na investigação e desenvolvimento de soluções nas áreas em que atua.

4.3. ESTUDOS PRELIMINARES E ORÇAMENTAÇÃO

Um orçamento tem por principal objetivo determinar o custo que determinado projeto terá para a empresa.

Nas etapas que compreendem a execução de um orçamento inclui-se a recolha de informação técnica e o estudo do caderno de encargos. Segue-se a eventual medição de áreas e volumes das eventuais peças desenhadas que tenham sido recolhidas e a análise da topografia e geologia do terreno onde o se pretende implantar a obra. A visita ao local onde se pretende implantar o projeto é na maioria das vezes incontornável, uma vez que na maioria dos casos só o reconhecimento do local permite identificar os condicionalismos existentes, as condições de acesso, etc.

Dos elementos existentes constrói-se o mapa de quantidades, que mesmo aproximado constitui tipicamente a melhor ferramenta para estruturação da proposta. O mapa de quantidades tem também por finalidade a consulta do mercado local de mão-de-obra e de materiais, permitindo assim obter uma previsão do preço global da construção da obra.

O orçamento é normalmente dividido em custos diretos, custos de estaleiro (ou indiretos) e encargos de estrutura. Custos diretos são os custos imputáveis diretamente a cada uma das atividades em que se dividiu a empreitada e tipicamente são por sua vez divididos em custos com mão-de-obra, com

materiais, com equipamento e com subempreitadas. Os custos de estaleiro, são custos que por participarem num número alargado de atividades se torna difícil determinar com exatidão a sua participação numa determinada atividade. Nos custos de estaleiro incluem-se tipicamente os custos com a montagem de estaleiro, nomeadamente a criação ou melhoramento dos acessos ao local dos trabalhos, a preparação do local de implantação do estaleiro, as redes provisórias de águas, esgotos e eletricidade, a montagem dessas mesmas redes, a montagem dos escritórios da obra, a mobilização e montagem de equipamentos de produção, entre outros. Os custos de estaleiro incluem também a manutenção do próprio estaleiro e a desmobilização. Nos custos de estaleiro (ou indireto) incluem-se todas as despesas suportadas pelo projeto que não podem ser imputadas diretamente numa atividade. Os encargos de estrutura correspondem aos custos suportados pela empresa em que é difícil determinar em que projeto devem ser imputados. Nos encargos de estrutura incluem-se os vencimentos e encargos dos administradores e pessoal administrativo da empresa, custos com o departamento de vendas e marketing, encargos financeiros, etc.

A orçamentação dos trabalhos de construção civil é tipicamente acompanhada por uma pequena memória descritiva onde se descrevem os métodos considerados, as principais quantidades e os subempreiteiros e fornecedores consultados.

4.4. CASO DE ESTUDO: SUBESTAÇÃO DE BAWKU, ZEBILLA, TAMALE E TARKWA (GANA)

4.4.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto para a construção das subestações de Bawku, Zebilla, Tamale e Tarkwa desenrola-se no Gana e encontra-se atualmente na fase de comissionamento e entrada em operação.

Uma subestação pode ser definida como um conjunto de equipamentos de manobra utilizados para dirigir energia elétrica para diversas linhas que efetuam o seu transporte. No projeto em estudo, as subestações são classificadas de transformadoras porque, para além da função de ligar linhas de transporte, na subestação estão instalados transformadores que convertem a tensão para um nível diferente.

A subestação de Bawku foi concebida para receber as linhas provenientes de Zebilla e de Dapong (Togo) cujo nível de tensão é 161kV. Na subestação foram instalados dois transformadores de tensão 161/34.5kV, e dois parques de manobras, um dimensionado para 161kV e outro para 34,5kV.

A subestação fica localizada na cidade de Bawku junto à fronteira com o Burkina Faso e com o Togo.

A empreitada de construção civil incluiu a construção de um aterro de cerca de 8.000 m³, fundações e caleiras em betão armado em que foram empregues cerca de 700 m³ de betão e a construção de um

edifício de apoio com cerca de 300 m². Da empreitada fez ainda parte a construção de um furo artesiano para o abastecimento de água, uma fossa séptica para o tratamento de esgotos, um parque de estacionamento, etc.

O projeto do edifício de apoio e do parque de manobras seguiu as disposições da norma IEC 61936-1 - Regras comuns para instalações de energia elétrica com tensões acima de 1 kV. Entre outras considerações, a norma IEC 61936-1 estabelece as distâncias mínimas entre condutores no ar bem como outras medidas de segurança específicas a tipo de instalações.



Figura 53 - Transformadores de tensão na subestação de Bawku

A subestação de Zebilla tem funções semelhantes à subestação de Bawku e destina-se a receber as linhas provenientes de Bolgatanga, Bawku e Youga (Burkina Faso).

Os trabalhos de construção nesta subestação tiveram menos expressão que em Bawku por se tratar da expansão de uma subestação existente. A quantidade de equipamento instalado foi no entanto a mesma, com exceção do número de transformadores, em que nesta subestação só foi instalado um. À semelhança da subestação de Bawku foi construído um edifício de apoio com cerca de 360 m² e as respetivas infraestruturas de apoio, nomeadamente o furo artesiano para o abastecimento de água, fossa séptica para o tratamento de esgotos, etc.

A subestação fica localizada na cidade de Zebilla junto à fronteira com o Burkina Faso a cerca de 35 km da subestação de Bakwu.

O principal propósito desta subestação é o de fornecer energia elétrica à mina de ouro do Youga localizada no outro lado da fronteira no Burkina Faso.



Figura 54 - Vista do parque de manobras (em construção) na subestação de Zebilla

A intervenção na subestação de Tamale resume-se à instalação de um compensador estático também designado por SVC (*Static Var Compensator*) e de um edifício com dois pisos e cerca de 460 m² de área coberta destinado, a servir os equipamentos de proteção e controlo da subestação e de escritórios.

Tamale é a capital da região do norte do Gana e estima-se ser a terceira cidade do país em população e a segunda em área. Tamale ocupa um lugar importante na organização do país e é uma das cidades que mais cresceram nos últimos anos.

Um SVC é um conjunto de equipamentos elétricos desenhados para transformar a potência reativa e assim regular a voltagem, fator de potência e correntes harmónicas, estabilizando a distribuição de energia elétrica numa determinada rede de distribuição de alta voltagem. Os SVC são tipicamente instalados no final de linhas de transmissão extensas ou junto de grandes consumidores.

No conjunto de equipamentos que constitui um SVC inclui-se um transformador de tensão, que no caso em estudo tem a capacidade de 40 MVA, e um conjunto de reatores cuja fundação teve a particularidade de ser construída com armaduras de plástico reforçado com fibra de vidro, também designadas por armaduras FRP do inglês *Fiberglass Reinforced Plastic*. Os reatores do SVC produzem um potente campo magnético capaz de induzir corrente elétrica em quaisquer anéis fechados de material condutor que se encontrem na proximidade. Caso fossem utilizadas armaduras em aço, a corrente induzida nas armaduras levaria ao seu aquecimento e consequente dilatação o que poderia conduzir à abertura de fendas na fundação.



Figura 55 - Montagem do SVC em Tamale

O novo edifício de controlo da subestação de Tamale tem como função acomodar os equipamentos de proteção e controle que comandam o SVC e servir de escritório regional da GRIDCo, empresa pública que gere as principais infraestruturas de transporte de eletricidade no Gana.

A intervenção na subestação de Tarkwa consistiu na expansão do parque de manobras de alta voltagem (161kV) de 2 para 4 linhas e na instalação de um transformador de tensão 161/34,5kV e respetivo equipamento de ligação à rede de média voltagem (34.5kV).

A subestação de Tarkwa situa-se no interior da mina de ouro com o mesmo no nome. Em Tarkwa é ainda possível encontrar minas de manganês, mineral utilizado no fabrico de pilhas secas. As minas de ouro de Tarkwa contam com uma produção anual da ordem das 130 toneladas de ouro por ano e são uma importante fonte de receita para o estado do Gana.

Em Tarkwa foram ainda construídas 8 torres de alta tensão que serviram para interromper e encaminhar para a subestação a linha de transporte de eletricidade que liga a central térmica de Aboadze a Prestea.

O dono de obra foi a GRIDCo, empresa pública que gere as infraestruturas de transporte de energia elétrica no Gana e a fiscalização foi exercida por elementos da mesma empresa. O projeto de execução foi da responsabilidade da Jacobsen Elektro que contou com o apoio do gabinete de consultores da Tractebel Engineering pertencente ao grupo GDF Suez.

O valor de adjudicação da empreitada foi de 28.644.182,05 € e o prazo de conclusão foi de 36 meses. A obra teve início em dezembro de 2012 e prevê-se que conclua em Julho de 2015.



Figura 56 - Intervenção na subestação de Tarkwa

4.4.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA

A gestão de projetos na Jacobsen Elektro é assegurada por um diretor de projeto que assegura a ligação entre a execução da obra, os projetistas e o cliente. A assessorar o diretor de projeto, encontra-se tipicamente um engenheiro eletrotécnico, que lidera a equipa de projeto elétrico, um engenheiro eletromecânico que lidera a equipa de projeto eletromecânico, e um engenheiro civil que lidera a equipa do projeto de construção civil. Na empreitada em assunto o autor desempenhou simultaneamente as funções de engenheiro eletromecânico e de engenheiro civil.

Na Jacobsen Elektro, o responsável pelos trabalhos de construção civil tem a responsabilidade de não só coordenar a execução do projeto como de acompanhar a execução da obra. A execução da obra de construção civil é normalmente subcontratada localmente sendo o controlo direto exercido por um diretor de obra e supervisores nomeados pela empresa. O projeto de instalação eletromecânica segue uma lógica semelhante, com a exceção que todos os equipamentos e estruturas são importados para o país.

O diretor de projeto é ainda assessorado na área dos aprovisionamentos e transportes, e no comissionamento e formação.

A estrutura interna do projeto em estudo é apresentada de seguida através do organograma funcional:

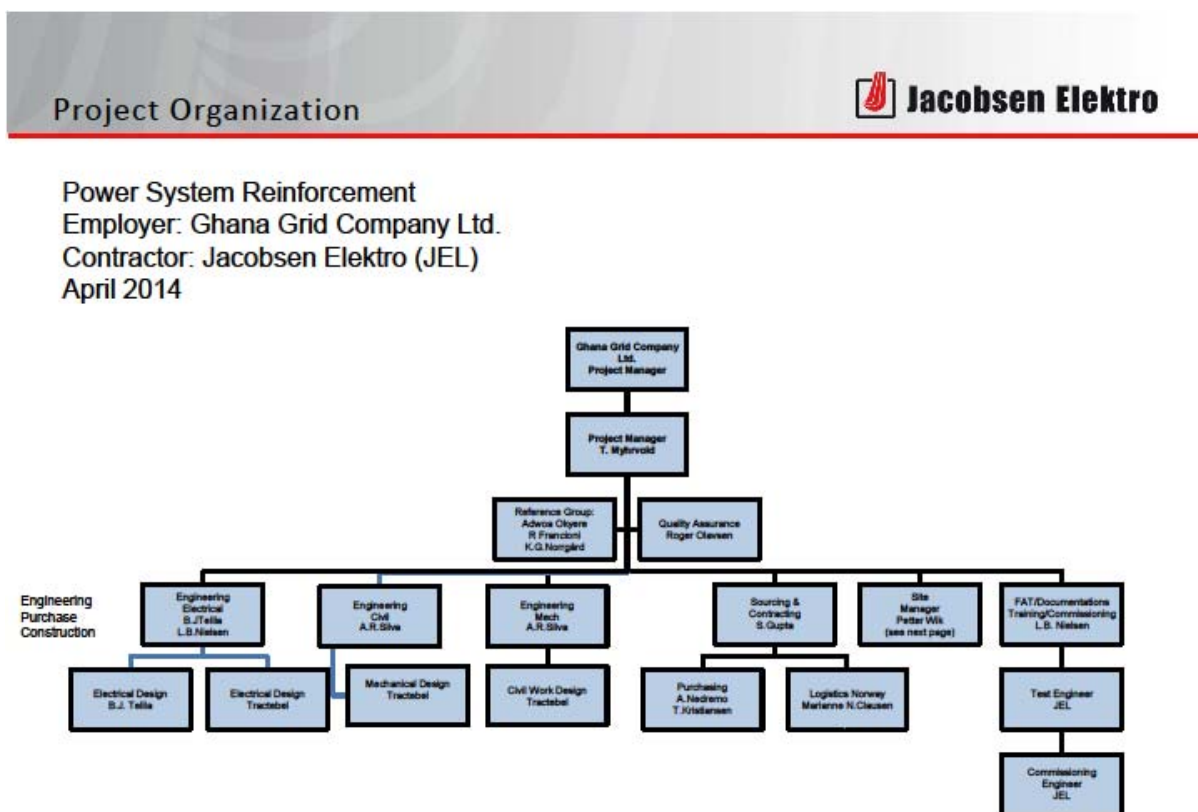


Figura 57 - Organigrama funcional do caso de estudo subestações de Bawku, Zebilla, Tamale e Tarka

A gestão da construção civil e montagem eletromecânica inclui-se a resolução de problemas técnicos, a gestão das subempreitadas e o planeamento. Estas atividades são lideradas pelo engenheiro da especialidade correspondente e mediadas pelo gestor de projeto.

As funções do gestor de projeto é o de coordenar as atividades do contrato e todas as interfaces quer internas quer externas. O gestor de projeto acompanha o projeto desde a fase de estudo inicial até à fase de testes, sendo que nesta fase o projeto é normalmente entregue ao cliente. O gestor de projeto é ainda responsável pela resolução de eventuais questões que possam surgir durante o período de garantia do projeto.

A responsabilidade pela gestão dos custos, quantidades, qualidade e requisitos técnicos é normalmente distribuída pelos responsáveis pelas três disciplinas referidas acima (elétrica, eletromecânica e civil).

4.4.3. CONTRATO DE ADJUDICAÇÃO EPC/ CHAVE NA MÃO

O contrato de adjudicação da empreitada em estudo é do tipo EPC/Chave na mão (*turnkey*). EPC deriva do acrónimo do inglês *Engineering Procurement Construction* e significa que o empreiteiro é responsável pela engenharia (conceção e projeto), aprovisionamentos e construção. Na prática a gestão de um projeto EPC implica a liderança técnica em todas as vertentes do projeto, nomeadamente no planeamento de todas as atividades, aprovisionamento de todos os materiais e equipamentos, adjudicação e acompanhamento dos trabalhos de construção civil, montagem eletromecânica e o comissionamento e testes finais da infraestrutura.

Os contratos EPC são tipicamente utilizados em projetos estruturados numa lógica de *project finance*, *i.e.* o empréstimo necessário à execução do projeto será pago pelas receitas geradas pelo próprio projeto. O sucesso do *project finance* encontra-se na mitigação do risco e nos contratos do tipo EPC o empreiteiro assume a (quase) totalidade do risco do projeto.

No contrato EPC/Chave na mão (*turnkey*) o empreiteiro assume a execução do projeto como um todo, por um valor e prazo determinado, de forma que este seja entregue "chave na mão", *i.e.* pronto a operar. Na prática o empreiteiro é responsável pelo fornecimento de equipamentos, materiais e serviços de construção mas também pela elaboração do projeto de execução, mapa de quantidades, e pelo desempenho dos equipamentos e sistemas fornecidos. A engenharia, sendo o ponto de partida do projeto, pode influenciar decisivamente o seu sucesso em termos de custo, prazo e qualidade.

A equipa de engenharia, que num contrato tradicional se dedica essencialmente às atividades de projeto, num projeto EPC tem uma participação mais ampla, nomeadamente na consulta e aprovisionamento de materiais e equipamentos, na participação nos respetivos testes de aceitação (FAT), na gestão da construção civil e na montagem eletromecânica.

O contrato EPC/Chave na mão destina-se portanto a garantir a eficiência da instalação e por consequência o montante investido sem a intervenção direta do investidor. A responsabilidade é centralizada no empreiteiro EPC, não expondo os investidores aos riscos existentes nos contratos com fornecedores e subempreiteiros. Este género de contratos garante normalmente indenizações por eventuais atrasos no plano de trabalho e assumem a responsabilidade pelo custo global do projeto. Dado que existe apenas uma única entidade para a conceção e gestão da construção, os projetos geridos num regime EPC resultam numa maior homogeneidade de soluções e materiais e permitem uma melhor coordenação entre a engenharia de projeto e da gestão da construção.

4.4.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

4.4.4.1. Sondagens de prospeção geológica

Para o dimensionamento das fundações do edifício e equipamentos da subestação de Bawku foi necessário levar a cabo uma campanha de prospeção geológica. A campanha de prospeção conduzida teve como objetivo determinar a natureza e características do terreno em profundidade, tendo sido utilizadas técnicas de prospeção mecânica e recolhidas amostras.

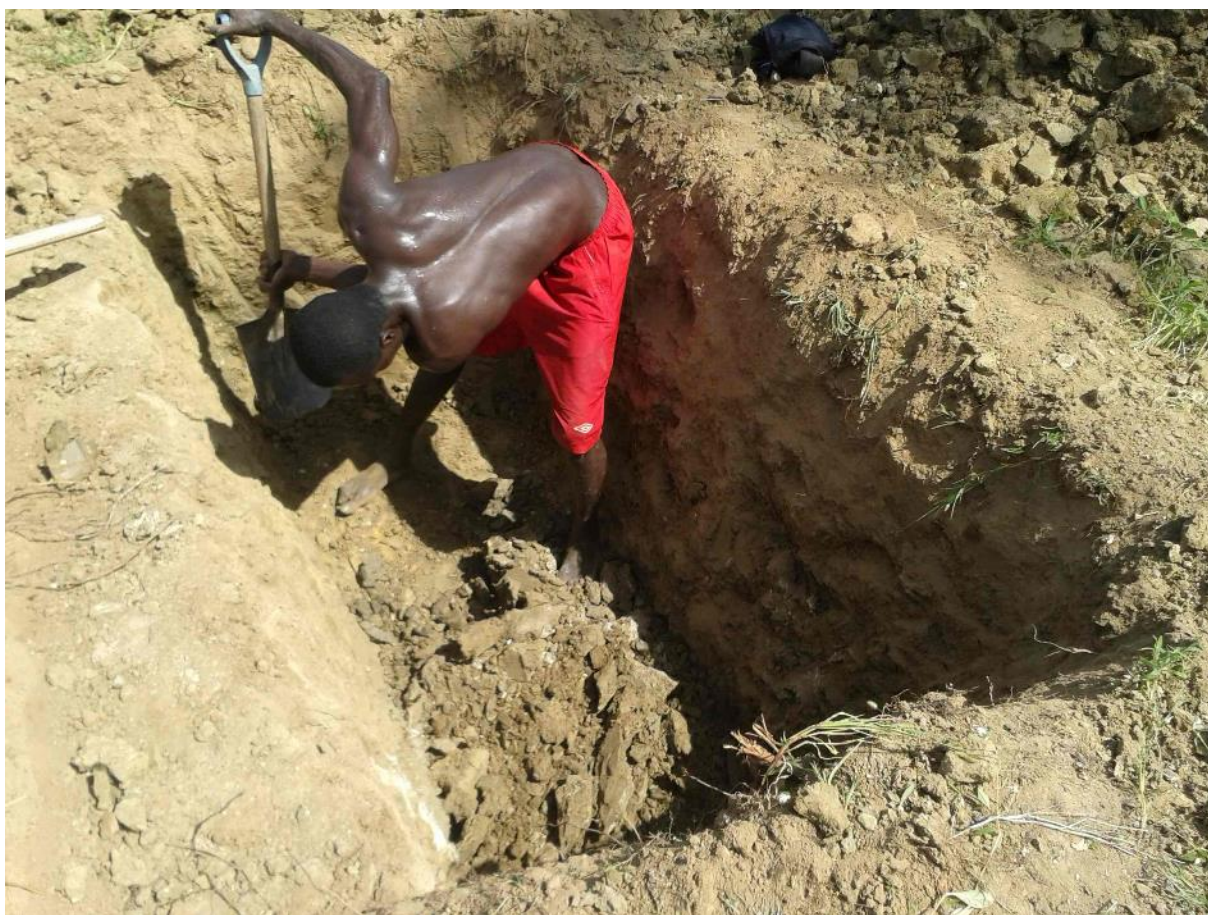


Figura 58 - Poço aberto no âmbito da prospeção geotécnica na subestação de Bawku

De modo a permitir a correta identificação dos materiais, assim como a obtenção de amostras de boa qualidade, foi necessário a abertura de poços e a realização de ensaios SPT (*Standard Penetration Test*).

Os poços foram abertos de forma manual até à profundidade de 3 metros revelando a presença de laterite. A laterite, solo comum em zonas tropicais, é caracterizada pela cor avermelhada que é resultado da grande concentração de hidróxidos de ferro e de alumínio que entram na sua constituição.

Os ensaios SPT tiveram por objetivo identificar a composição das diferentes camadas do solo, a profundidade do nível freático e a resistência à penetração (valor de N). O ensaio consiste em cravar no terreno um amostrador com peso e altura de queda normalizados e é realizado em três fases com penetrações de 15cm. A primeira fase é normalmente ignorada e o número de pancadas necessárias para atingir a penetração de 30 cm (segunda e terceira fase) define o valor de N.

Dos ensaios resultaram valores N compreendidos entre as 30 e a 100 pancadas sendo a nega registada aos 6,0 m. Com base nestes ensaios foi possível estimar a resistência ao solo à compressão em cerca de 150kPa a 1,5 m de profundidade.

4.4.4.2. Aterros

A construção da subestação em Bawku necessitou da construção de um aterro onde foi necessário o empréstimo de cerca de 12.000 m³ de material compactado.

A construção do aterro serviu para a construção de uma plataforma horizontal com cerca de 7.000 m² destinada à instalação da subestação. De modo a prevenir os efeitos de uma possível inundação, a plataforma em aterro foi construída de modo a que no mínimo, o topo se encontrasse 30 cm acima do solo circundante.

Na construção do aterro existiu a preocupação de procurar solos de empréstimo com capacidade suficiente para suportar a carga prevista. Os solos que apresentassem contaminados com ramos, folhas, troncos, raízes, ervas, lixo ou qualquer tipo de detritos orgânicos foram rejeitados.

Antes de se proceder ao aterro foram removidos os solos contaminados com matéria orgânica, a que correspondeu a primeira camada com cerca de 30 cm de profundidade.

O aterro foi executado em camadas de cerca de 20 cm de altura, compactado com cilindro compactador de 10 ton até se verificar que o dispositivo compactador deixou de produzir efeito.

Nas zonas em que o limite de aterro terminou em talude, foram efetuadas deslocções laterais sucessivas de forma a evitar a fuga de material por efeito de compactação. De modo a minimizar este efeito, a inclinação do talude foi reduzida para um ângulo de cerca de 45°, sendo que no final do aterro o talude foi cortado a 30° e protegido contra a erosão através da aplicação de um enrocamento argamassado.

Para além do cilindro compactador de 10 ton, foi ainda utilizado uma motoniveladora, vários camiões basculantes e um camião tanque para o espalhamento de água.

O espalhamento de água durante as operações de aterro é fundamental uma vez que a compactação depende em grande medida do grau de humidade do solo.



Figura 59 - Execução de um aterro por camadas na subestação de Bawku

O topo do aterro foi construído com uma inclinação longitudinal de 1% para permitir o escoamento da água. Na base do aterro foi instalado um dreno em betão em todo o contorno do aterro que descarrega numa linha de água próxima. Conforme referido anteriormente, o talude do aterro foi revestido integralmente com um enrocamento argamassado.

4.5. CASO DE ESTUDO: CENTRAL TÉRMICA DE BUSHROD ISLAND (LIBÉRIA)

4.5.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto de construção da central térmica de Bushrod Island consiste no fornecimento e montagem de dois motores Wärtsilä 20V32 e dos demais componentes e equipamento auxiliar de modo a permitir a produção de 18MW de eletricidade. O projeto inclui a construção de todas as infraestruturas necessárias à instalação dos motores, incluindo movimentação de terras, drenagem, fundações em betão armado e construção de edifícios.

A central térmica situa-se na ilha de Bushrod em Monróvia na Libéria, no interior de uma área vedada onde já se encontram outros equipamentos de produção de energia elétrica. A ilha de Bushrod é rodeada pelo oceano atlântico e pelos rios Saint Paul e Mesurado. Na ilha de Bushrod está também instalado o maior porto marítimo da Libéria e um conjunto de outros negócios.

O dono de obra é a Liberia Electricity Company (LEC), empresa pública responsável pela produção e distribuição de energia elétrica na Libéria, e a fiscalização é assegurada pela Manitoba Hydro Internacional, uma empresa que presta serviços de consultoria na área da produção de energia, com sede no estado de Manitoba no Canada.



Figura 60 - Maquete da central Power Cube da Wärtsilä semelhante à futura central de Bushrod Island

O projeto de execução é da responsabilidade da Jacobsen Elektro que conta com o apoio da Citec Oy Ab, uma empresa que presta serviços na área do projeto e fiscalização com sede em Vaasa na Finlândia.

Os maiores fornecedores são a Wärtsilä, fabricante dos motores, e a Allkargo fabricante dos transformadores.

O valor de adjudicação da empreitada é de 24.500.000,00USD e o prazo de conclusão é de 14 meses. A obra teve início em fevereiro de 2014 e encontra-se suspensa desde agosto em resultado do surto de ébola verificado no país.

Os trabalhos de construção civil incluem a decapagem, escavação e aterro, a construção de redes enterradas (drenagem de águas residuais, abastecimento de água e drenagem de água contaminada com óleos), a construção da rede de terras, a construção de caleiras para a instalação de cabos elétricos, a instalação de separadores de óleo, a construção das fundações dos equipamentos, o fornecimento e a montagem dos edifícios prefabricados que albergam os motores e a sala de proteção e controlo e a construção de circulações em *tout-venant* compactado no interior da central.

As fundações das estruturas serão do tipo direto (sapatas), no entanto o solo de fundação teve de ser substituído por *tout-venant* compactado em 3 metros de profundidade.

A substituição do solo de fundação foi executada durante a época das chuvas, o que constituiu um grande desafio, uma vez que a Libéria é um dos países do mundo onde a pluviosidade é mais intensa e concentrada.

4.5.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DA OBRA

A estrutura da direção do projeto segue a mesma lógica descrita no capítulo anterior, sendo que o autor desempenha funções semelhantes.

O contrato de empreitada, à semelhança do caso anterior, é do tipo EPC (*Engineering, Procurement and Construction*), o que implica que o empreiteiro terá de elaborar o projeto de execução, adquirir os materiais e equipamentos e construir a central. Neste modelo de contratação o empreiteiro assume a (quase) totalidade do risco do projeto no que respeita o custo, prazo e retorno do investimento.

Para além dos assessores para a área da engenharia cuja função foi descrita no capítulo anterior, o diretor de projeto conta ainda com o apoio de especialista no aprovisionamento e transporte de materiais e equipamentos.

Das várias questões analisadas pelos aprovisionamentos, destaca-se a necessidade de se analisar convenientemente as questões alfandegárias e tributárias, a legislação (que varia ligeiramente de país para país) e a logística do transporte nas suas variantes área, marítima e terrestre.

As dificuldades dos projetos EPC obrigam a que o profissional que operam na área dos aprovisionamentos tenha de possuir experiência e conhecimentos técnicos na área em que o projeto EPC se desenvolve.

O organograma funcional em vigor na empreitada é o seguinte:

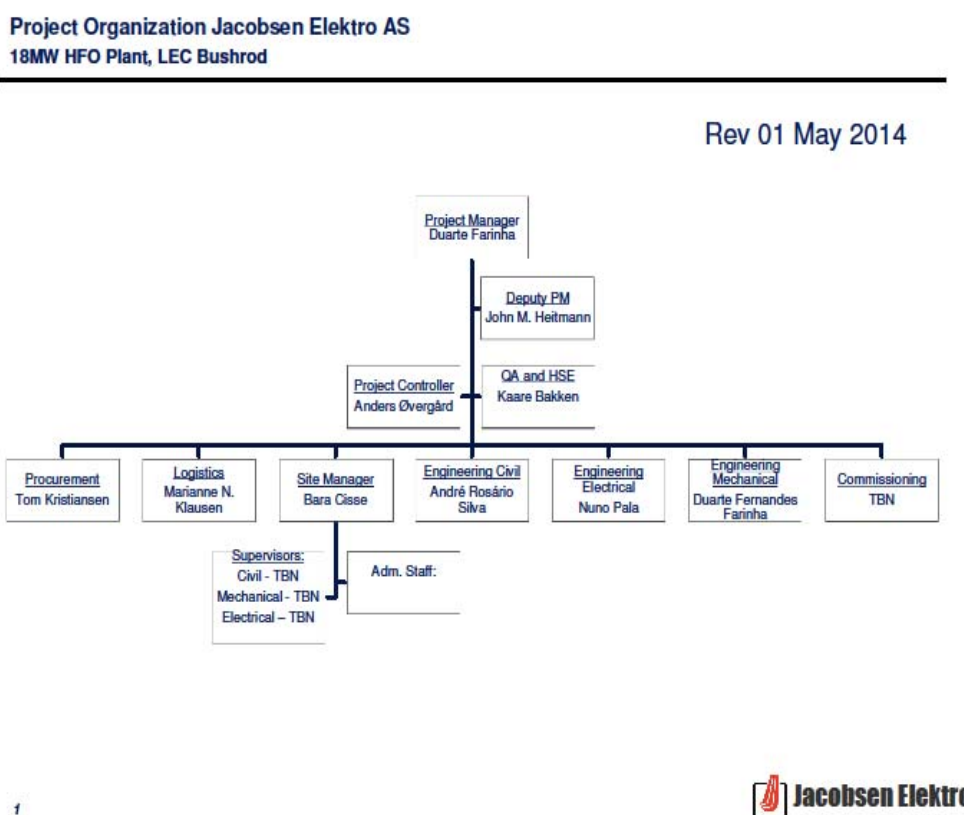


Figura 61 – Organigrama funcional o caso de estudo Central Térmica de Bushrod Island

4.5.3. APROVISIONAMENTOS E SUBEMPREITADAS

O fornecimento de materiais e equipamentos representa para a generalidade dos contratos EPC mais de metade do custo total do projeto. A otimização dos processos de aprovisionamento e

subcontratação dos trabalhos adquire assim uma importância incontornável na gestão do projeto, com impacto nas outras duas áreas, nomeadamente na engenharia e na construção.

A gestão eficiente dos aprovisionamentos poderá conduzir a menores preços e a prazos mais curtos de fornecimento que naturalmente terão um impacto direto no projeto. No entanto nem sempre prazos e custos menores se traduzem em benefícios diretos para o projeto. Na escolha de fornecedores há ainda que ter em conta outros critérios como a qualidade, a fiabilidade, a inovação, o número de não conformidades, etc.

O modelo para o aprovisionamento de materiais e equipamentos em vigor na empresa é do tipo centralizado, pelo que todas as decisões relevantes são tomadas na sede da empresa, nomeadamente no departamento de aprovisionamentos que se dedica exclusivamente à compra de materiais, equipamentos e à subcontratação.

O modelo centralizado contribui para uma maior eficiência dos recursos financeiros da empresa uma vez que a centralização permita a compra por atacado para diversos projetos em simultâneo gerando economia de escala. A centralização dos aprovisionamentos num departamento na sede da empresa permite a especialização dos elementos desse mesmo departamento gerando valor.

A monitorização do desempenho dos fornecedores é também beneficiada neste modelo centralizado, uma vez que o departamento gere e mantém registos do desempenho dos fornecedores que de outra forma seria mais difícil reunir ou comparar de uma forma objetiva.

O departamento de aprovisionamento da empresa é constituído por diversos profissionais detentores de conhecimento técnico nos produtos e equipamentos objeto da maioria dos contratos EPC da empresa. Na generalidade são técnicos com formação na área da engenharia mecânica ou eletrotécnica. Uma vez que as subempreitadas de construção civil fogem do âmbito do domínio técnico destes profissionais, o autor é por vezes chamado a tratar destas contratações.

A contratação de empreiteiros de construção civil tem início na consulta de preços a empresas que no currículo apresentem empreendimentos semelhantes com o projeto a executar. A escolha do empreiteiro é baseada no preço mas também na competência técnica demonstrada pela obra que tem no curriculum e nas entrevistas e negociação que geralmente antecede o contrato.

O modelo de subcontratação utilizado é geralmente baseado nos modelos de contrato *standard* editados pela *Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils* (FIDIC).

A utilização de contratos *standard* tem a vantagem de ser mais facilmente reconhecido pelo subempreiteiro permitindo atingir um entendimento de uma forma mais célere. Por outro lado, o próprio contrato que gere a empreitada é na maioria dos casos baseado num contrato do mesmo tipo. Assim sendo, torna-se mais fácil transpor as responsabilidades do contrato para a subempreitada se ambos os contratos utilizarem a mesma linguagem.

A escolha dos modelos FIDIC teve por base a experiência da empresa, nomeadamente em projetos financiados pelo Banco Mundial que usam frequentemente os modelos FIDIC nas suas condições de adjudicação.

4.5.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

4.5.4.1. Melhoramento de solos de fundação

A prospeção geotécnica efetuada em Bushrod Island revelou que o solo de fundação era mole e não adequado à execução da fundação. Das opções existentes localmente decidiu-se substituir o solo sob a fundação dos motores e dos transformadores por se tratarem dos equipamentos mais pesados e por esse motivo existir um maior risco de assentamento. De referir que a tolerância ao assentamento dos motores é de apenas 15 mm em resultado das ligações dos tubos de abastecimento de combustível ao módulo do motor ser do tipo rígido.

As operações envolvidas na remoção e substituição dos solos compreenderam a preparação dos acessos para os equipamentos de escavação, transporte dos materiais removidos e de substituição, a escavação das camadas de solo mole, a drenagem da escavação, a carga e transporte do material escavado para vazadouro e finalmente o aterro e compactação com um novo solo com melhores características.

De forma a atingir a resistência do solo definida no projeto (125kPa) e em simultaneamente garantir um módulo de reação vertical (k_s) de cerca de 2 MN/m³, foram utilizados na construção do aterro agregados calcários britados com granulometria extensa também designados de *tout-venant*.

Foram substituídos cerca de 2 metros de solo sobre as fundações dos motores e transformadores sendo necessário o fornecimento de cerca de 3.000 m³ de agregados.

Nos trabalhos de escavação foi utilizada uma escavadora giratória, um cilindro compactador de 10 tons, um camião cisterna e diversos camiões basculantes.

A escavação seguiu um plano elaborado especificamente para o efeito e foi implantada utilizando meios topográficos.

No interior da escavação foram executadas valetas de drenagem de forma a conduzirem as águas das chuvas para poços onde foram instaladas bombas. De referir que a escavação foi executada durante o período das chuvas, o que obrigou ao funcionamento permanente das bombas.

A verificação da compactação do aterro foi efetuada camada a camada através da utilização de um gama densímetro e no final do aterro foram executados ensaios de carga com placa.

4.6. CASO DE ESTUDO: SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE KVANDAL (NORUEGA)

4.6.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto para a construção da subestação de Kvandal desenrola-se no distrito de Norland na Noruega junto à cidade de Bjerkvic. O projeto encontra-se em fase de execução sendo que na altura em que o presente relatório foi produzido, encontravam-se a ser executadas as fundações do edifício e dos equipamentos do parque de manobras.



Figura 62 - Novo parque de manobras d subestação de Kvandal durante a execução das fundações

O projeto da subestação de Kvandal compreende a construção de um parque de manobras de muito alta tensão (420kV) no interior de uma subestação existente e de um novo edifício de controlo. O novo parque de manobras tem por objetivo receber a nova linha Ofoten-Balsfjord que atualmente se encontra em construção.

A empreitada de construção civil incluiu a construção de um edifício com cerca de 450 m³ e fundações para cerca de 100 equipamentos de muito alta voltagem e o fornecimento de cerca de 120 toneladas de aço em estruturas.

O dono de obra é a Statnett, empresa pública responsável pelo transporte de energia elétrica na Noruega sendo a fiscalização assegurada por elementos da mesma empresa. O projeto de execução é da responsabilidade da Jacobsen Elektro que conta com o apoio da EPME, uma empresa Portuguesa que presta serviços na área da construção de subestações e linhas de transmissão.

O valor de adjudicação da empreitada é de 96.811.911NOK (cerca de 11.000.000 EUR) e o prazo de conclusão é de 22 meses. A obra teve início em janeiro de 2014 e prevê-se que esteja concluída no final de outubro de 2015.

4.6.2. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DO PROJETO

A estrutura da direção do projeto segue a mesma lógica descrita no capítulo anterior, sendo que o autor desempenha funções semelhantes. O organograma funcional em vigor na empreitada é o seguinte:



Figura 63 - Organograma do caso de estudo subestação de Kvandal

4.6.3. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

4.6.3.1. Fundações diretas em rocha

O parque de manobras da subestação está localizado sobre um maciço rochoso sendo que a maioria das fundações são pregadas diretamente na rocha segundo a técnica que se descreve de seguida.

O terreno é limpo de todos os detritos resultantes do desmonte a explosivos até à exposição da rocha sã.

O centro da fundação é marcado topograficamente e as furações marcadas com o auxílio de um *gabari*.

Segue-se a furação das ancoragens, sendo utilizada para o efeito uma carotadeira de roto-percussão. O diâmetro de furação deve ser cerca de 10 mm maior que o diâmetro do varão de aço de forma a otimizar o funcionamento da calda de selagem. Assim sendo, e uma vez que o projeto usa varões de 25 mm de diâmetro, optou-se por realizar furos com 40 mm de diâmetro.



Figura 64 – Varões cravados na rocha na subestação de Kvandal

A profundidade da furação é na generalidade dos casos 1 m se se tratar de rocha não fraturada e 1,5 m se se observar alguma fragmentação da rocha. A furação é sempre executada na vertical e sempre na mesma profundidade, independentemente da inclinação do terreno.

Após a conclusão das operações de furação seguem-se a colocação dos varões e selagem. Esta operação é sempre precedida da limpeza dos furos de modo a remover o pó, água e outros resíduos provenientes da furação. De seguida é fabricada a argamassa de selagem e injetada no furo. No caso em estudo foi utilizada a argamassa expansiva MapeiNonset120 FF. Após a injeção da argamassa é introduzida a armadura.



Figura 65 – Fundação no parque de manobras da subestação de Kvandal pronta a ser betonada

De referir que a calda tem um tempo de cura muito reduzido pelo que o tempo entre o fabrico e a colocação da armadura deve ser o menor possível. De igual modo importante é a colocação das armaduras que não devem ficar em contacto com a rocha, uma vez que a melhor condição de aderência é obtida quando a argamassa expande e preenche o maior espaço possível entre a armadura e as paredes do furo.

Após a selagem das armaduras no maciço rochoso são colocados os estribos e fechada a cofragem.

Segue-se a colocação dos chumbadores e a betonagem.

5

NOTAS FINAIS

O presente relatório teve como primeiro objetivo o de descrever de maneira detalhada algumas das atividades desenvolvidas pelo autor ao longo da sua vida profissional de modo a potenciar a discussão das experiências e competências adquiridas.

Da análise do presente relatório conclui-se que o autor participou em diversos projetos de construção, como a construção de estradas, construção de edifícios e na gestão de projetos industriais.

O currículo da licenciatura em engenharia civil garantiu as necessárias bases para que o profissional desenvolvesse a sua atividade, sendo de destacar entre outras as disciplinas de desenho técnico, linguagem universal de comunicação em engenharia, a formação em análise matemática, as disciplinas de hidráulica, e a formação nos conceitos básicos da geodesia, da cartografia, e da topografia. No currículo avançado do curso destaca-se ainda a contribuição das disciplinas de investigação operacional, de gestão e teoria da decisão, de tecnologia da construção e de obras de engenharia, de patologia e reabilitação da construção e de organização e gestão de obras.

Nos primeiros anos de vida profissional, o autor experimentou a gestão de obras na área das vias de comunicação e transportes onde se destacou a construção de viadutos em betão armado. Na gestão da construção destas obras, foram fundamentais os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de mecânica, resistência de materiais e cálculo de estruturas em betão armado. Estes conhecimentos foram aplicados no cálculo de cofragens e estruturas provisórias utilizadas na construção bem como na interpretação do projeto de execução. Destaca-se por fim o importante papel que as disciplinas de mecânica dos solos e das rochas e de análise de estruturas geotécnicas tiveram no desenvolvimento da ação do autor em obra, uma vez que serviram de base ao dimensionamento de diversas estruturas de contenção de terras, ao cálculo de taludes e à previsão de assentamentos.

Já em Angola, o autor experimenta a gestão de obras de construção de edifícios, sendo que nestas empreitadas as disciplinas de materiais de construção, instalações prediais e tecnologia da construção de edifício adquirem uma importância vital, na medida em que garantem os conhecimentos necessários à interpretação do projeto de execução e à condução de subempreitadas. Nas empreitadas conduzidas em Angola são de destacar os sistemas de distribuição de águas quer pela sua dimensão, quer pela sua especificidade, que entre outras características incluam sistemas de tratamento por osmose inversa e o armazenamento de água tratada.

Ainda em Angola, o conhecimento do autor na gestão de aprovisionamentos foi complementada com a experiência da importação de materiais por via marítima e aérea, que na gestão de projetos naquele território adquire uma importância fundamental.

Por fim e já a trabalhar na Noruega, o autor adquire experiência na construção de instalações industriais, sendo que nesta área os conhecimentos de mecânica dos solos, construção de fundações em betão armado e construção metálica se revelaram fundamentais. As disciplinas de análise de estruturas e de mecânica dos solos e fundações desempenham aqui um papel fundamental.

Ao longo da sua vida profissional, o autor foi complementado os conhecimentos teóricos adquiridos na licenciatura em engenharia civil (pré-Bolonha) com outros de índole mais prática.

Das competências adquiridas, destacam-se os conhecimentos da gestão dos recursos produtivos, mão-de-obra, materiais, equipamentos e subempreitadas, a preparação técnica dos trabalhos, a análise e revisão do projeto de execução, a coordenação geral das equipas em obra e a ligação com o dono de obra, nomeadamente no controlo da faturação, no controlo de trabalhos a mais e a menos, na proposta de alternativas económicas ou de construção mais eficaz e célere, etc.

Foram também adquiridos conhecimento no campo do *reporting* e ligação à administração da empresa e reforçados os conhecimentos na coordenação da segurança, saúde, e minimização dos impactos ambientais provocados pela obra.

A experiência profissional adquirida, permite ao autor preparar o início de empreitada de construção com confiança, nomeadamente proceder à análise do orçamento comercial, elaborar o orçamento para a produção, acompanhar o processo de erros e omissões, elaborar o planeamento geral da empreitada, definir os recursos necessários à execução dos trabalhos (mão-de-obra, materiais, equipamentos e subempreitadas) e conceber a organização física do estaleiro da obra.

Foram também adquiridas competências na organização administrativa da obra, nomeadamente na coordenação da ação de diretores de obra adjuntos, técnicos de construção civil, preparadores, apontadores, etc. A organização de frentes de trabalho e a coordenação da ação dos encarregados, chefes de equipa, etc. foram também atividade desenvolvidas durante o percurso profissional do autor.

Na condição de diretor de obra em Angola, o autor adquiriu ainda conhecimentos importantes relativos à logística de apoio ao pessoal, nomeadamente na coordenação da alimentação, dormidas, transportes.

No que respeita à gestão dos aprovisionamentos o autor adquiriu ainda conhecimento na área das compras, nomeadamente na negociação e elaboração de encomendas, no controlo da recepção em obra de materiais, nomeadamente no controlo da qualidade e das quantidades recebidas, no controlo de estoques e de desperdícios e na conferência e aprovação de faturas para pagamento.

Da experiência profissional do autor, fez ainda parte a gestão de subempreitadas, nomeadamente na consulta de preços a subempreiteiros, elaboração de mapas comparativos, negociação e adjudicação e elaboração de contratos de subempreitada.

Durante a execução das obras, fez ainda parte das responsabilidades do auto, o controlo da qualidade geral do trabalho executado pelos subempreiteiros, a monitorização do desempenho e o seu enquadramento com o planeamento da obra, o controlo da faturação, nomeadamente a conferência de autos de medição, controlo de pagamentos, etc., e a negociação de trabalhos a mais e a menos.

A elaboração de planos de trabalhos ocupa uma posição importante no percurso profissional do autor. Nesta área foram adquiridas competências na determinação dos tempos e dos recursos necessários a

cada atividade, no ajustamento das folgas entre atividades, na determinação das atividades críticas e do caminho crítico.

O ambiente internacional em que nos últimos anos o autor desenvolveu atividade, permitiu ainda ao autor alargar competências e conhecer outras realidades e mercados.

Na opinião do autor, os conhecimentos adquiridos na licenciatura (pré-Bolonha) revelaram-se adequados às funções desempenhadas. Da experiência obtida em meio internacional, o autor pode ainda comprovar que a formação obtida em Portugal se encontra ao nível dos outros países europeus, sendo reconhecida como de excelência na Noruega, país onde o autor se encontra atualmente a desempenhar funções no ramo da engenharia.

A abrangência dos temas abordados na licenciatura (pré-Bolonha) permitiu a fácil adaptação do autor às diferentes tecnologias de construção encontradas nos diversos países em que realizou atividades.

Como sugestão de melhoria futura, e uma vez que os engenheiros portugueses operam cada vez mais no mercado internacional, o autor sugere que o curriculum do curso reforce o estudo dos modelos de contratação *standard* da FIDIC bem como de outra documentação que se considere relevante para a gestão de contratos em meio internacional. No decorrer da sua experiência profissional o autor detetou que o enquadramento legal da maioria dos contratos que experimentou é ligeiramente diferente do direito Português pelo que considera que seria útil evidenciar essas diferenças em meio académico.

Bibliografia

- Correia dos Reis, A. (2009). Organização e gestão de obras. Edições Técnicas, Lisboa.
- Brazão Farinha, J. S. et al (2000). Tabelas Técnicas. Edições Técnicas, Lisboa
- Pereira, Telmo. (2004). Gestão da construção: um guia prático para construir com segurança e qualidade. Verlag Dashöfer, Lisboa.
- Rosário Silva, André (2004). Caderno de apontamento e arquivo fotográfico da obra “A13 – Lote H”
- Rosário Silva, André (2007). Caderno de apontamento e arquivo fotográfico da obra “A10 – Lote B”
- Rosário Silva, André (2009). Caderno de apontamento e arquivo fotográfico da obra “edifício sede da Chevron em Luanda”
- Rosário Silva, André (2011). Caderno de apontamento e arquivo fotográfico da obra “hotel Baía em Luanda”
- Rosário Silva, André (2004). Relatório de estágio de admissão à ordem dos engenheiros
- Lawrence Bennett, F. (2003). The management of construction: A project lifecycle approach. Butterworth Heinemann, Great Britain
- Cooke, Brian (2015). Management of Construction Projects. Wiley Blackwell, UK
- Doran, David (2004). Site Engineers Manual. Whittles Publishing, UK
- Fewings, Peter (2013). Construction Project Management: An Integrated Approach. Taylor & Francis; London and New York
- Humphreys, Kenneth (2005). Project and Cost Engineers Handbook. Marcel Dekker, New York
- Jüri Sutt, et al. (2013). The Engineer’s Manual of Construction Site Planning. John Wiley & Sons, UK
- Lock, Dennis (2004) Project Management in Construction. Gower, England
- Ottosson, Hans (2013) Practical Project Management for Building and Construction. CRC Press, UK
- Rad, Parviz (2012). Project Estimating and Cost Management. Management Concepts, USA
- Mirsky, Rebecca et al. (2015). Professional Ethics for the Construction Industry. Routledge, USA

